

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»  
УДК 004.043

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ І.Р. Пархомей  
(підпис)

“    ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

на тему: Програмне забезпечення для побудови VR схем місцевості для мобільних пошукових роботів

Виконав: студент другого курсу, групи ІК-82мп  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ Соколенко Владислав Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., Резніков С.А.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент доцент, к.т.н., Баклан І.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ І.Р. Пархомей  
(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Соколенку Владиславу Сергійовичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Програмне забезпечення для побудови VR  
схем місцевості для мобільних пошукових робіт

науковий керівник дисертації Резніков С.А., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «28» 10 2019 р. № 3770-с

2. Термін подання студентом дисертації 18.11.2019

3. Об'єкт дослідження моделювання схем місцевості для мобільних  
пошукових робіт

4. Предмет дослідження методи моделювання середовища для мобільних  
пошукових робіт

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Аналіз існуючих рішень

2. Створення алгоритму моделювання

3. Створення додатку моделювання середовища для мобільних  
пошукових робіт

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу \_\_\_\_\_

7. Орієнтовний перелік публікацій Соколенко В.С. АНАЛІЗ СЕРЕДОВИЩ  
ДЛЯ ПОБУДОВИ СЦЕН VR // Наукове мислення  
XXXII всеукраїнська практично-пізнавальна конференція

8. Консультанти розділів дисертації

| Розділ                   | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------------------------|---|----------------|------------------|
|                          |   | завдання видав | завдання прийняв |
| НК                       | Пасько В.П., доцент                       |                |                  |
| Перевірка на співпадіння | Лісовиченко О.І., доцент                  |                |                  |

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|---|--|----------|
| 1     | Формування проблематики                         | 02.09.2019 – 08.09.2019                          |          |
| 2     | Аналіз проблематики                             | 09.09.2019 – 15.09.2019                          |          |
| 3     | Постановка задачі                               | 16.09.2019 – 22.09.2019                          |          |
| 4     | Аналітичний підхід до вирішення задач           | 23.09.2019 – 29.09.2019                          |          |
| 5     | Вибір технології розробки ПЗ                    | 30.09.2019 – 06.10.2019                          |          |
| 6     | Розробка ПЗ                                     | 07.10.2019 – 13.10.2019                          |          |
| 7     | Тестування та покращення ПЗ                     | 14.10.2019 – 20.10.2019                          |          |
| 8     | Практичне застосування ПЗ                       | 21.10.2019 – 27.10.2019                          |          |

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Соколенко В.С.

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Резніков С.А.

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

## АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто проблему в області моделювання 3D сцен для мобільних пошукових роботів, об'єктом дослідження є процес моделювання схем місцевості для мобільних пошукових роботів, показано основні особливості існуючих рішень проблеми, їх переваги та недоліки.

Розроблено програмний модуль, що надає можливість моделювання 3D сцен місцевості для мобільних пошукових роботів. Дана система може бути використати інженерами-програмістами для навчання мобільних пошукових роботів. Дозволяє збільшити швидкість навчання роботів за рахунок спрощення процесу моделювання середовища.

Ключові слова: мобільні пошукові роботи, Blender, 3D, моделювання, Python.

Розмір пояснювальної записки – 100 аркушів, містить 10 ілюстрацій, 6 додатків.

## ABSTRACT

The paperwork examines the problem of modeling 3D scenes for mobile search engines, the object of the study is the process of modeling terrain schemes for mobile search sites, shows the main features of existing solutions to the problem, their advantages and disadvantages.

Was developed a software module has been developed to enable modeling of 3D terrain scenes for mobile search robots. This system can be used by software engineers to train mobile search robots. Increases the learning speed of robots by simplifying the environment modeling process.

Keywords: mobile search robots, Blender, 3D, modeling, Python.

The size of the explanatory note is 100 pages, contains 10 illustrations, 6 applications.

**Пояснювальна записка  
до магістерської дисертації**

на тему: Програмне забезпечення для побудови VR схем місцевості для мобільних пошукових робіт

Київ – 2019 року

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 4  |
| РОЗДІЛ 1. РЯТУВАЛЬНІ РОБОТИ .....                             | 5  |
| 1.1. Пошуково-рятувальні проекти.....                         | 6  |
| Висновки по розділу .....                                     | 9  |
| РОЗДІЛ 2. 3D-СЕРЕДОВИЩА ТА СИМУЛЯТОРИ .....                   | 10 |
| 2.1. Процес 3D моделювання .....                              | 10 |
| 2.2. Blender .....  | 16 |
| 2.3. Autodesk Maya.....                                       | 17 |
| 2.4. Autodesk 3ds Max .....                                   | 18 |
| 2.5. Відомості про симулятори.....                            | 24 |
| 2.6. Unity (ігровий двигун) .....                             | 28 |
| 2.7. Unigine .....  | 34 |
| 2.8. CryEngine.....   | 35 |
| Висновки по розділу .....                                     | 36 |
| РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА ДАНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                     | 37 |
| 3.1. Відомості про геоінформатику .....                       | 37 |
| 3.2. Поняття просторового аналізу .....                       | 49 |
| 3.3. Попередня обробка моделі поверхні .....                  | 51 |
| 3.4. Моделювання елементів штучної поверхні.....              | 52 |
| 3.5. Інтеграція компонентів місцевості. ....                  | 57 |
| Висновки по розділу .....                                     | 61 |
| РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....           | 62 |
| 4.1. Опис ідеї проекту.....                                   | 62 |
| 4.2. Технологічний аудит ідеї проекту .....                   | 63 |
| 4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту..... | 63 |
| 4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту .....             | 70 |
| 4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....  | 72 |
| Висновки по розділу .....                                     | 73 |
| ВИСНОВКИ .....  | 74 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....  | 75 |
| ДОДАТКИ .....   | 76 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

GIS (Geographic information system) – географічні інформаційні системи

VR (virtual reality) – віртуальна реальність

API (application programming interface) – програмний інтерфейс

ІТ – інформаційно технології

МПР – мобільний пошуковий робот



## ВСТУП

Актуальність роботи: на сьогоднішній день спостерігається значний розвиток робототехніки та програмного забезпечення для керування роботами, тому є потреба в моделюванні віртуального середовища, в якому можна навчати алгоритми штучного інтелекту для керування роботами. Навчання в реальному середовищі займає багато часу та ресурсів для створення відповідного середовища. Тому розробка альтернативного, віртуального середовища дозволить значно прискорити та полегшити цей процес.

Для навчання мобільних пошукових роботів потрібна 3D модель простору, в якому він зможе знаходити, розпізнавати та класифікувати об'єкти. Мобільні роботи можуть бути інтегровані в пошуково-рятувальні команди як інструмент пошуку жертв в небезпечних для людини районах, щоб забезпечити дані для побудови карт та слідуванням за людьми під час завдань. Телеопераційне управління та автономний шлях реалізовані в роботах дозволяють напіваавтономну навігацію в модельованих сценаріях.

За темою даної магістерської роботи виконується ініціативна науково-дослідницька робота «Визначення технічних параметрів пошукових дронів та мобільних роботів для зон катастроф та стихійного лиха» номер держреєстрації № 0119U001787 від 22.05.2019 р.

Метою даної роботи є створення програмного забезпечення, яке можна буде використати для навчання та програмування пошукових роботів

Поставлені задачі:

1. Проаналізувати існуючі рішення моделювання середовища.
2. Визначити основні складові системи.
3. Провести аналіз отриманого рішення.
4. Розробити алгоритмічне і програмне забезпечення.

Об'єктом дослідження виступає процес моделювання 3D середовища, схожого на місцевість після природних катаклізмів або техногенних катастроф в результаті дії людини.

## РОЗДІЛ 1. РЯТУВАЛЬНІ РОБОТИ

Рятувальний робот — це робот, який був розроблений з метою порятунку людей. Найпоширенішими ситуаціями, в яких використовуються рятувальні роботи, є аварії на шахтах, міські катастрофи, ситуації із заручниками та вибухи. Переваги рятувальних роботів у цих операціях включають зменшення потреб у персоналі, зменшену стомлюваність та доступ до інших недоступних районів.

Роботи-рятувальники в процесі розробки створюються з такими здібностями, як пошук, розвідка та картографування, видалення або скорочення завалів, доставка запасів, медичне лікування та евакуація жертв. Навіть з урахуванням усіх цих ідей залишаються певні технічні проблеми. Робін Мерфі, професор обчислювальної техніки та техніки, каже, що "Справжні катастрофи рідкі, і кожна — різна. Роботи ніколи не діють саме так, як ви думаєте, як вони будуть діяти, і вони постійно розкривають нові вузькі місця та проблеми рятувальних операцій. Тож це нова технологія."

Є три основні проблеми. По-перше, обробка інформації роботом. По-друге, мобільність робота. По-третє, маніпуляція роботом. Використання цих роботів у реальному використанні та можливість їх використання у будь-яких ситуаціях настільки близькі, що стають реальністю. "Ми лише в декількох сантиметрах", — каже Мерфі, — багато програмного забезпечення просто чекає, поки апаратне забезпечення настигне їх.

Після землетрусів в Акілі, Гаїті та Японії Європейська комісія підтвердила, що існує велика невідповідність між робототехнічною технологією, яка розробляється в лабораторії, та використанням такої технології на місцевості для операцій пошуку та порятунку (SAR) та кризовий менеджмент. Таким чином, Генеральний директор Європейської Комісії з питань підприємництва та промисловості вирішив фінансувати ICARUS — дослідницький проект (загальносвітовий бюджет: 17,5 млн. Євро), який має на меті розробити роботизовані інструменти, які можуть допомогти "людським" групам кризових втручань.

## 1.1. Пошуково-рятувальні проекти

### Платформа TRADR

Використовуючи перевірену на практиці методологію проектування, орієнтовану на користувачів, TRADR розробляє нові наукові та технологічні роботи для людей-роботів, щоб допомогти в міських розшуках та аварійно-рятувальних заходах, що розпорошені на багато видів в місіях, які можуть зайняти кілька днів або тижнів. Нова технологія дозволяє накопичити досвід під час реагування роботами на надзвичайну ситуацію. Різні види роботів співпрацюють з членами групи людей, щоб досліджувати або шукати середовище катастрофи та збирати фізичні зразки з місця інциденту. Завдяки цим спільним зусиллям TRADR дозволяє команді поступово розвивати своє розуміння зони катастрофи протягом декількох, можливо, асинхронних вильотів (стійкі моделі навколишнього середовища), покращити розуміння членами команди, як працювати в цьому районі (стійкі моделі паралельних дій) та покращити роботу в команді (наполегливе об'єднання людей і роботів). TRADR зосереджує увагу на сценарії аварій на виробництві, але цю технологію також можна застосувати для використання роботів в інших сценаріях стихійних лих, надзвичайних ситуацій та міського пошуку та порятунку (USAR), таких як полегшення землетрусу, як TRADR розгортання роботів у місті Амастріче, Італія, у вересні 1, 2016 показує.

### Платформа SHERPA

Мета SHERPA — розробити змішану наземну та повітряну робототехнічну платформу для підтримки пошуково-рятувальних заходів у ворожому середовищі реального світу, як альпійський сценарій.

Технологічна платформа та альпійський сценарій порятунку є приводом для розгляду ряду стратегій поведінки при оцінюванні навколишньої сцени.

Це робить проект потенційно дуже складним з наукової точки зору, через неоднорідність та можливості, якими володіють різні учасники системи Дій-

сно, дослідницька діяльність зосереджена на тому, як «найнятий геній пошуку» та «тварини ШЕРПА» взаємодіють та співпрацюють один з одним із власними особливостями та можливостями для досягнення спільної мети.

Сукупність вдосконалених можливостей управління та пізнавальних можливостей характеризують систему SHERPA, спрямовану на підтримку рятувальника, покращуючи його обізнаність про місце порятунку навіть у складних умовах та з «генієм», який часто «зайнятий» в рятувальній діяльності (і таким чином не може контролювати платформу). Таким чином, акцент робиться на надійній самостійності платформи, набутті пізнавальних можливостей, стратегіях співпраці, природній та неявній взаємодії між "генієм" та "тваринами SHERPA", які мотивують дослідницьку діяльність.

### Платформа ICARUS

Впровадження безпілотних пристроїв пошуку та порятунку може запропонувати цінний інструмент для порятунку людських життів та прискорення процесу пошуку та порятунку (SAR). ICARUS зосереджується на розробці безпілотних технологій SAR для виявлення, локалізації та порятунку людей.

Існує література про дослідницькі зусилля щодо розробки безпілотних засобів пошуку та рятування. Однак ці дослідження намагаються протиставити практичну реальність у цій галузі, де безпілотні засоби пошуку та рятування мають великі труднощі у впровадженні.

Проект ICARUS вирішує ці проблеми, спрямовані на подолання розриву між дослідницькою спільнотою та кінцевими користувачами, розробляючи набір інструментів інтегрованих компонентів для безпілотного пошуку та рятування.

### DARPA Robotics Challenge (DRC)

Стратегічний план Міністерства оборони США закликає об'єднані сили проводити гуманітарні, ліквідації наслідків катастроф та пов'язані з цим операції. Деякі катастрофи, спричинені серйозними ризиками для здоров'я та

стану рятувальників та працівників допомоги, виявляються занадто великими за масштабами для своєчасної та ефективної реакції людини. DARPA Robotics Challenge (DRC) намагається вирішити цю проблему, сприяючи інноваціям у галузі роботизованих технологій під керівництвом людини для операцій з реагування на аварії.

Основна технічна мета ДРК — розробка наземних роботів, що контролюються людьми, здатні виконувати складні завдання в небезпечних, деградованих, інженерних умовах. Конкуренти в ДРК розробляють роботів, які можуть використовувати стандартні інструменти та обладнання, які зазвичай доступні в людських умовах, починаючи від ручного інструменту до транспортних засобів.

Щоб досягти своєї мети, ДРК просуває автономію роботизованої системи під наглядом людини, мобільність, спритність, міцність та витривалість платформи. Поліпшення контрольованої автономії, зокрема, спрямоване на те, щоб забезпечити кращий контроль над роботами з боку непрофесійних наглядачів та забезпечити ефективну роботу, незважаючи на погіршену комунікацію (мала пропускна здатність, висока затримка, переривчасте з'єднання).

#### Програма R4

П'ятнадцять вчених з усього світу були зібрані в групу фахівців з пошуку та порятунку з Федеральної агенції з надзвичайних ситуацій в штаті Індіана. Їх зібрали, щоб знайти проблеми з рятувальними роботами. Разом вони склали програму R4. Це рятувальні роботи для досліджень та реагування. Це трирічний грант, і саме там можна вдосконалити технологію порятунку роботів та продуктивність людини. За цей час було випробувано трьох роботів, а четвертого представили вченим. Кожен робот витрачав близько години, пересуваючись під завалами, і спостерігав за їх рухом і за тим, як добре вони змогли пробитися через завали. Вони випробовували роботів на завалах від катастрофи Всесвітнього торгового центру, щоб вони могли краще підготуватися до подібної катастрофи. Вони шукали дві речі з цими рятувальними робота-

ми. По-перше, як виявити постраждалих та небезпечні умови для рятувальників у надзвичайно захащеному, несприятливому середовищі. По-друге, як забезпечити охоплення датчиком певного об'єму простору. В одній серії тестів роботи були поміщені в темні, міноподібні умови. Однак роботи не змогли знайти половину своїх цілей. Деякі зміни потрібно буде внести, якщо вони коли-небудь очікують, що ці роботи будуть працювати належним чином. Але як тільки вони зрозуміють, що їм потрібно, вони, сподіваємось, слугуватимуть чудовій меті та стануть більшим надбанням для рятувальників.

### Висновки по розділу

В цьому розділі оглянуто та проаналізовано основні платформи мобільних пошукових роботів, їх особливості, переваги та недоліки. Роботи-рятувальники в процесі розробки створюються з такими здібностями, як пошук, розвідка та картографування, видалення або скорочення завалів, доставка запасів, медичне лікування та евакуація жертв.

## РОЗДІЛ 2. 3D-СЕРЕДОВИЩА ТА СИМУЛЯТОРИ

Програмне забезпечення для комп'ютерної графіки 3D виробляє комп'ютерні зображення (CGI) за допомогою 3D-моделювання та 3D-рендерінгу або виробляє 3D-моделі для аналітичних, наукових та промислових цілей.

### Моделювання

Програмне забезпечення для 3D-моделювання — це клас програмного забезпечення для комп'ютерної графіки 3D, що використовується для виготовлення 3D-моделей. Окремі програми цього класу називаються програмами для моделювання або моделями.

Це ПЗ дозволяє користувачам створювати та змінювати моделі за допомогою їх 3D-сітки. Користувачі можуть додавати, віднімати, розтягувати та іншим чином змінювати сітку на своє бажання. Моделі можна розглядати з різних ракурсів, як правило, одночасно. Моделі можна обертати, а вигляд можна збільшувати і зменшувати. Також можна експортувати свої моделі у файли, які потім можуть бути імпортовані в інші програми, якщо метадані сумісні. Багато моделерів дозволяють імпортерам та експортерам підключатись, щоб вони могли читати та записувати дані у рідних форматах інших програм.

Більшість моделей 3D містять низку пов'язаних з ними функцій, таких як відстежувачі променів та інші альтернативи візуалізації та засоби відображення текстури. Деякі також містять функції, які підтримують або дозволяють анімацію моделей. Деякі з них можуть генерувати повнометражне відео із серії відтворених сцен (тобто анімації).

### 2.1. Процес 3D моделювання

Тривимірні (3D) моделі представляють фізичне тіло, використовуючи набір точок у тривимірному просторі, з'єднаних різними геометричними утвореннями, такими як трикутники, лінії, вигнуті поверхні тощо. Будучи сукупністю даних (точок та іншої інформації), 3D-моделі можна створити вручну,

алгоритмічно (моделювання процедур) або сканувати. Їх поверхні можуть бути додатково визначені за допомогою текстурування карти.

3D-моделі широко використовуються будь-де в 3D-графіці та САПР. Їх використання передувало широкому використанню 3D-графіки на персональних комп'ютерах. Багато комп'ютерних ігор використовували заздалегідь відредаговані зображення 3D-моделей як спрайти, перш ніж комп'ютери змогли відобразити їх у режимі реального часу. Потім дизайнер може бачити модель у різних напрямках та поглядах, це може допомогти дизайнеру побачити, чи об'єкт створений так, як задумано, порівняно з їх початковим баченням. Бачачи дизайн таким чином, можна допомогти дизайнеру/компанії розібратися в необхідних змінах або вдосконаленнях продукту.

Сьогодні тривимірні моделі використовуються в найрізноманітніших сферах. Медична галузь використовує детальні моделі органів; вони можуть бути створені за допомогою декількох фрагментів зображення із зображенням МРТ або КТ. Кіноіндустрія використовує їх як персонажів та об'єктів для анімаційних і реальних кінофільмів. Індустрія відеоігор використовує їх як засоби для комп'ютерних та відеоігор. Науковий сектор використовує їх як досить детальні моделі хімічних сполук. Архітектурна галузь використовує їх для демонстрації запропонованих будівель та ландшафтів замість традиційних, фізичних архітектурних моделей. Співтовариство інженерів використовує їх як конструкцію нових пристроїв, транспортних засобів та конструкцій, а також цілу низку інших цілей. В останні десятиліття землезнавча спільнота почала будувати тривимірні геологічні моделі як стандартну практику. 3D-моделі також можуть бути основою для фізичних пристроїв, побудованих за допомогою 3D-принтерів або верстатів з ЧПУ.



## Представлення

Сучасний рендерінг знакової моделі чайника Юти, розробленої Мартіном Ньюеллом (1975). Чайник Юти — одна з найпоширеніших моделей, яка використовується в навчанні 3D-графіки.

Практично всі 3D-моделі можна розділити на дві категорії.

Суцільне — ці моделі визначають об'єм об'єкта, який вони представляють (як скеля). Суцільні моделі здебільшого використовуються для інженерних та медичних моделювань, і зазвичай будуються з конструктивною суцільною геометрією

Оболонка/межа — ці моделі представляють поверхню, наприклад межа предмета, а не його об'єм (як нескінченно тонка яєчна шкаралупа). Практично всі візуальні моделі, що використовуються в іграх та фільмах, є моделями оболонок.

Моделювання твердих тіл і оболонок може створювати функціонально однакові об'єкти. Відмінності між ними здебільшого є варіаціями у способі їх створення та редагування та умовами використання в різних областях та різницею типів наближень між моделлю та реальністю.

Моделі оболонок повинні бути різноманітними (не мати дірок або тріщин в оболонці), щоб мати значення як реальний предмет. Полігональні сітки (і в меншій мірі поверхні підрозділу) є, безумовно, найбільш поширеними. Набори рівнів є корисним поданням для деформуючих поверхонь, які зазнають багатьох топологічних змін, таких як рідини.

Процес перетворення уявлень об'єктів, таких як координата середньої точки сфери і точка по її окружності, у багатокутне представлення сфери, називається тесселяцією. Цей крок використовується в рендерінгу на основі багатокутників, де об'єкти розбиваються від абстрактних уявлень ("примітивів"), таких як сфери, конуси тощо, до так званих сіток, які є мережами взаємопов'язаних трикутників. Сітки трикутників (замість, наприклад, квадратів) популярні, оскільки вони, як виявилось, легко растеризуються (поверхня, описа-

на кожному трикутником, є плоскою, тому проекція завжди опукла). Полігональні зображення не використовуються у всіх техніках візуалізації, і в цих випадках етап тесселяції не включається при переході від абстрактного зображення до відтвореної сцени.

### Процес моделювання

Існує три популярних способи представити модель:

Полігональне моделювання — Точки в тривимірному просторі, звані вершинами, з'єднуються міжрядковими відрізками, утворюючи багатокутну сітку. Переважна більшість 3D-моделей сьогодні побудовані як текстуровані багатокутні моделі, тому що вони гнучкі та через те, що комп'ютери можуть надати їх так швидко. Однак багатокутники є площинними і можуть наближати лише вигнуті поверхні за допомогою багатьох багатокутників.

Моделювання кривої — Поверхні визначаються кривими, на які впливають зважені контрольні точки. Крива впливає (але не обов'язково інтерполює) точки. Збільшення ваги для точки потягне криву ближче до цієї точки. Типи кривих включають неоднорідні раціональні B-сплайни (NURBS), сплайни, патчі та геометричні примітиви

Цифрова скульптура — все ще досить новий метод моделювання, 3D-скульптура набула великої популярності протягом кількох років, коли вона існувала. В даний час існує три типи цифрової скульптури: зсув, який є найпоширенішим серед застосувань у цей момент використовується щільна модель (часто породжена поверхнями підрозділу багатокутної керуючої сітки) і зберігає нові місця для вершинних позицій за допомогою карти зображень, що зберігає скориговані місця. Об'ємна, заснована на вокселях, має подібні можливості як зміщення, але не страждає від розтягування багатокутника, коли в регіоні недостатньо багатокутників для досягнення деформації. Динамічна тесселяція схожа на воксель, але ділить поверхню за допомогою тріангуляції для підтримки гладкої поверхні та отримання більш тонких деталей. Ці методи дозволяють здійснити дуже художнє дослідження, оскільки мо-

дель матиме нову топологію, створену над нею, як тільки моделі будуть сформовані та, можливо, деталі будуть скульптурні. Нова сітка зазвичай матиме оригінальну інформацію з сітки високої роздільної здатності, передану в дані переміщення або звичайні дані карти, якщо для ігрового двигуна.

Етап моделювання складається з формування окремих предметів, які згодом використовуються в сцені. Існує ряд методів моделювання, таких як:

- конструктивна геометрія твердого тіла
- неявні поверхні
- подільні поверхні.

Моделювання може виконуватися за допомогою спеціальної програми (наприклад, Cinema 4D, Maya, 3ds Max, Blender, LightWave, Modo) або компонента програми (Shaper, Loft в 3ds Max) або якоюсь мовою опису сцен (як у POV-Ray). У деяких випадках між цими фазами немає чіткого розмежування; у таких випадках моделювання є лише частиною процесу створення сцени (це, наприклад, з Caligari trueSpace та Realsoft 3D).

3D-моделі також можна створити за допомогою фотограметрії з виділеними програмами, такими як RealityCapture, Metashape, 3DF Zephyr і Meshroom, та програмами очищення, такими як MeshLab, netfabb або MeshMixer. Фотограметрія створює моделі, що використовують алгоритми для інтерпретації форми та текстури реальних об'єктів та середовищ на основі фотографій, зроблених з багатьох ракурсів предмета.

Складні матеріали, такі як піщаний пісок, хмари та рідкі бризки, моделюються за допомогою систем частинок і являють собою масу тривимірних координат, на яких присвоєні або точки, багатокутники, текстурні бризки, або спрайт.

Перше широко доступне комерційне застосування віртуальних моделей людини з'явилося в 1998 році на веб-сайті Lands 'End. Віртуальні моделі людини були створені компанією My Virtual Mode Inc. і дали змогу користувачам створити модель себе та приміряти 3D одяг. Існує кілька сучасних про-

грам, які дозволяють створювати віртуальні людські моделі (Poser — один із прикладів).

### 3D одяг

Розробка програмного забезпечення для моделювання тканин, таких як Marvelous Designer, CLO3D та Optitex, дозволила художникам та модельєрам моделювати динамічний 3D одяг на комп'ютері. Динамічний 3D одяг використовується для каталогів віртуальної моди, а також для одягання 3D-персонажів для відеоігор, 3D-анімаційних фільмів, для цифрових парних фільмів, а також для виготовлення одягу для аватарів у віртуальних світах, таких як SecondLife.

### Використання

3D-моделювання використовується в різних галузях промисловості, таких як кіно, анімація та ігри, дизайн інтер'єру та архітектура. Вони також використовуються в медичній галузі для створення інтерактивних уявлень про анатомію. Широка кількість програмного забезпечення 3D також використовується для побудови цифрового зображення механічних моделей або деталей до їх фактичного виготовлення. Програмне забезпечення, пов'язане з CAD/CAM, використовується в таких полях, і за допомогою цього програмного забезпечення ви можете не тільки сконструювати деталі, але й зібрати їх та спостерігати за їх функціональністю.

3D-моделювання також застосовується в галузі промислового дизайну, де вироби моделюються в 3D перед тим, як представляти їх клієнтам. У галузях медіа та подій 3D-моделювання використовується в сценічному/сценографічному дизайні.

Переклад OWL 2 словника X3D може бути використаний для надання семантичного опису для 3D-моделей, що підходить для індексації та пошуку 3D-моделей за такими ознаками, як геометрія, розміри, матеріал, текстура, дифузне відображення, спектри передачі, прозорість, відбивна здатність,

опалесценція, глазурі, лаки та емалі (на відміну від неструктурованих текстових описів або 2.5D віртуальних музеїв та виставок, наприклад, з використанням Google Street View на Google Arts and Culture). Представлення RDF 3D-моделей може бути використане в міркуванні, що дозволяє інтелектуальні тривимірні програми, які, наприклад, можуть автоматично порівнювати дві тривимірні моделі за обсягом.

## 2.2. Blender

Blender — це безкоштовний набір програмного забезпечення для комп'ютерної графіки з відкритим кодом, що використовується для створення анімаційних фільмів, візуальних ефектів, мистецтва, 3D-друкованих моделей, графіки руху, інтерактивних 3D-програм та комп'ютерних ігор. Особливості Blender включають в себе 3D-моделювання, розгортання УФ, текстуркування, редагування растрової графіки, такелаж та шкурку, моделювання рідиною та димом, моделювання частинок, імітацію м'якого тіла, ліплення, анімацію, переміщення сірників, візуалізацію, графіку руху, редагування відео та композицію.

Хоча в попередніх версіях також був інтегрований ігровий механізм для швидкого та легкого створення або прототипування ігор, він був видалений з випуском поточної версії 2.80 у 2019 році.

### Особливості

Офіційні версії Blender для Microsoft Windows, MacOS та Linux, , а також порт для FreeBSD доступні як у 32-розрядної, так і в 64-бітній версіях. Це програмне забезпечення містить функції, характерні для 3D-програмного забезпечення високого класу. Серед його можливостей:

Підтримка різноманітних геометричних примітивів, включаючи полігональні сітки, швидке моделювання поверхні підрозділу, криві Безьє, поверхні NURBS, метаболі, ікосфери, цифрові скульптури з різною роздільною здатністю (включаючи динамічну топологію, випікання карт, переробку, ре-

симетрія, децимацію), шрифт контуру, і нова система моделювання n-gon під назвою B-mesh.

Eevee — це новий фізично заснований рендер. Він працює і як візуалізація для фінальних кадрів, і як двигун, що управляє оглядом Blender в реальному часі для створення активів

### 2.3. Autodesk Maya

Autodesk Maya, скорочено Maya — це програма для комп'ютерної графіки 3D, яка працює на Windows, macOS та Linux, спочатку розроблена корпорацією Alias Systems (раніше Alias | Wavefront) і в даний час належить і розробляється Autodesk. Він використовується для створення інтерактивних 3D-додатків (включаючи відеоігри), анімаційних фільмів, телесеріалів та візуальних ефектів.

#### Історія

Maya спочатку був анімаційним продуктом на основі коду від Advanced Visualizer від Wavefront Technologies, Thomson Digital Image (TDI) Explore, PowerAnimator від Alias Research, Inc. та Alias Sketch !. Проекти на базі IRIX були об'єднані та додані функції анімації; кодове ім'я проекту було Майя. Анімація Уолта Діснея тісно співпрацювала з розробкою Майї під час виробництва динозавра. Дісней просив, щоб користувацький інтерфейс програми був налаштований так, щоб можна було створити персоналізований робочий процес. Це мало особливий вплив у відкритій архітектурі Майя і частково відповідало за те, що вона стала популярною в анімаційній індустрії.

Після придбання Silicon Graphics Inc. як Alias, так і Wavefront Technologies, Inc., технологія Wavefront (тоді вже в стадії розробки) була об'єднана в майя. Придбання SGI стало відповіддю корпорації Microsoft, яка придбала Softimage 3D. Нова дочірня компанія, яка повністю належить, отримала назву "Псевдонім Wavefront".

У перші дні розвитку, Maya почала з Tcl як мови сценаріїв, щоб використати схожість з мовою оболонки Unix. Але після злиття з Wavefront, Софією, мовою сценаріїв у Wavefront's Dynamation, була обрана MEL (мова, в яку вбудовується майя).

Maya 1.0 була випущена в лютому 1998 року. Після серії придбань Maya була куплена Autodesk у 2005 році. Під іменем нової материнської компанії Майя була перейменована в Autodesk Maya. Однак назва "Maya" продовжує залишатися домінуючою назвою, що використовується для продукту.

### Огляд

Maya — це програма, яка використовується для отримання 3D-об'єктів для використання у фільмі, телебаченні, розробці ігор та архітектурі. Програмне забезпечення спочатку було випущено для операційної системи IRIX. Однак ця підтримка була припинена в серпні 2006 року після випуску версії 6.5. Майя була доступна у виданнях "Повне" та "Без обмежень" до серпня 2008 року, коли вона була перетворена в єдиний набір.

Користувачі визначають віртуальну робочу область (сцену) для реалізації та редагування медіа певного проекту. Сцени можна зберігати в різних форматах, за замовчуванням. Maya розкриває архітектуру графіка вузла. Елементи сцени базуються на вузлах, кожен вузол має свої атрибути та налаштування. Як результат, візуальне зображення сцени повністю базується на мережі взаємозв'язаних вузлів, залежно від інформації один одного. Для зручності перегляду цих мереж є залежність та спрямований ациклічний графік.

### 2.4. Autodesk 3ds Max

Autodesk 3ds Max, раніше 3D Studio та 3D Studio Max, — це професійна програма для комп'ютерної графіки 3D для створення 3D-анімацій, моделей, ігор та зображень. Він розробляється та виробляється Autodesk Media and Entertainment. Він має можливості моделювання та гнучку архітектуру плагінів і повинен використовуватися на платформі Microsoft Windows. Він час-

то використовується розробниками відеоігор, багатьма телевізійними комерційними студіями та архітектурними студіями візуалізації. Він також використовується для кіноефектів та попередньої візуалізації фільму. Для своїх інструментів моделювання та анімації, остання версія 3ds Max також містить шейдери (такі, як оклюзія навколишнього середовища та розсіювання під поверхнею), динамічне моделювання, системи частинок, радіостійкість, звичайне створення карт та візуалізація, глобальне освітлення, налаштований користувач інтерфейс, нові піктограми та власна мова скриптів.

### Історія

Оригінальний продукт 3D Studio був створений для платформи DOS Gary Yost та Yost Group та опублікований Autodesk. Випуск 3D Studio зробив попередній пакет 3D-візуалізації Autodesk AutoShade застарілим. Після випуску 3D Studio DOS Release 4 продукт був переписаний на платформу Windows NT та перейменований у «3D Studio MAX». Ця версія також була спочатку створена групою Yost. Він був випущений Kinetix, який був на той час піділом Autodesk на засоби масової інформації та розваги.

Autodesk придбав продукт під час другого оновлення версії версії 3D Studio MAX і повністю інтерналізував розробку протягом двох наступних версій. Пізніше назву продукту було змінено на "3ds max" (всі малі регістри), щоб краще відповідати умовам іменування Discreet, монреальської програмної компанії, яку придбав Autodesk.

Коли він був перевипущений (випуск 7), продукт знову був брендований з логотипом Autodesk, а коротке ім'я знову було змінено на "3ds Max" (верхній і нижній регістр), тоді як формальна назва продукту стала поточною "Autodesk 3ds Max".

### Особливості

MAXScript — це вбудована мова сценаріїв, яка може бути використана для автоматизації повторюваних завдань, комбінування існуючої функціона-



льності новими способами, розробки нових інструментів та інтерфейсів користувача тощо. Модулі плагінів можуть створюватися повністю в межах MAXScript.

Character Studio був плагіном, який з моменту версії 4 Max тепер інтегрований у 3ds Max; це допомагає користувачам оживляти віртуальних персонажів. Система працює за допомогою символічної установки або скелета "двогранний", який має запаси, які можна змінювати та налаштовувати під відповідність символічним сіткам та потребам анімації. Цей інструмент також включає в себе надійні інструменти редагування для перемикання IK/FK, маніпулювання позою, робочі потоки шарів та ключових кадрів та обмін анімаційними даними між різними скелетами. У цих «двоногих» об'єктів є й інші корисні функції, які допомагають прискорити виробництво циклів ходи та доріжок руху, а також вторинного руху.

### Провідник сцен

Програма Explorer Scene — інструмент, що забезпечує ієрархічний огляд даних про сцени та аналіз, полегшує роботу зі складнішими сценами. Провідник сцени має можливість сортувати, фільтрувати та шукати сцену за будь-яким типом об'єкта чи властивістю (включаючи метадані). Додано в 3ds Max 2008, це був перший компонент, який сприяв .NET керованому коду в 3ds Max поза межами MAXScript.

### Імпорт DWG

3ds Max підтримує як імпорт, так і з'єднання файлів .dwg. Покращене управління пам'яттю в 3ds Max 2008 дозволяє імпортувати більші сцени з кількома об'єктами.

### Загальна рамка ключів

Два режими набору клавіш — клавіша встановлення та автоматична клавіша — пропонують підтримку різних робочих процесів.

Швидкі та інтуїтивно зрозумілі елементи керування кадрами — включаючи вирізати, копіювати та вставляти — дозволяють користувачеві створювати анімацію з легкістю. Траєкторії анімації можна переглядати та редагувати безпосередньо у вікні перегляду.

### Обмежена анімація

Об'єкти можна анімувати по кривих з елементами управління для вирівнювання, нахилу, швидкості, плавності та циклічності, а також по поверхнях з елементами управління для вирівнювання. Анімація, керована контуром ваги між декількома кривими, та оживлення ваги. Об'єкти можна обмежувати анімувати з іншими об'єктами різними способами — включаючи перегляд, орієнтацію в різних координатних просторах та зв'язок у різні моменти часу. Ці обмеження також підтримують анімоване зважування між більш ніж однією ціллю.

Вся отримана обмежена анімація може бути зібрана в стандартні рамки для подальшого редагування.

### Skinning

Для точного контролю скелетної деформації може використовуватися модифікатор шкіри або статури, тому персонаж плавно деформується під час переміщення суглобів навіть у найбільш складних областях, таких як плечі. Деформацію шкіри можна контролювати за допомогою прямих вершинних ваг, об'ємів вершин, визначених конвертами, або обох. Такі можливості, як таблиці ваг, мальовничі ваги, а також збереження та завантаження ваг пропонують просте редагування та перенесення між моделями на основі близькості, забезпечуючи точність та гнучкість, необхідну для складних персонажів.

Варіант жорсткої обв'язки корисний для анімації моделей з низьким полігоном або як діагностичний інструмент для регулярної анімації скелета.

Додаткові модифікатори, такі як Skin Wrap та Skin Morph, можуть використовуватися для руху сіток з іншими сітками та внесення цільових налаштувань ваги у складних місцях.

### Скелети та зворотна кінематика (ІК)

Персонажі можуть бути відображені за допомогою користувацьких скелетів за допомогою кісток 3ds Max, вирішувачів ІК та інструментів таке-лажу за допомогою даних Data Capture.

Усі інструменти для анімації — включаючи вирази, сценарії, контролери списку та проводку — можуть використовуватися разом із набором утиліт, характерних для кісток, для створення установок будь-якої структури та спеціальних елементів керування, тому аніматори бачать лише інтерфейс, необхідний для анімації своїх персонажів. Чотири плагін ІК-вирішувачі представляються з 3ds Max: незалежний від історії вирішувач, залежний від історії вирішувач, розв'язувач кінцівок та розв'язувач ІК сплайну. Ці потужні розв'язувачі скорочують час, необхідний для створення якісної анімації персонажів. Незалежний від розв'язувача розгалужувач забезпечує плавне змішування між анімацією ІК та FK та використовує бажані кути, щоб дати аніматорам більше контролю над розташуванням уражених кісток. Розв'язувач, що залежить від історії, може вирішувати в спільних межах і використовується для машинної анімації. Кінцівка ІК — це легкий розв'язувач з двома кістками, оптимізований для інтерактивності в режимі реального часу, ідеальний для людей король з персонажем руку або ногу. Spline IK Solver забезпечує гнучку систему анімації з вузлами, які можна переміщати куди завгодно в 3D-просторі. Це дозволяє ефективно анімацію скелетних ланцюгів, таких як хребет або хвіст персонажа, і включає в себе прості у використанні елементи кручення та закрутки.

Окрім модифікатора полотна тканини реактора, програмне забезпечення 3ds Max має інтегрований механізм моделювання тканини, який дозволяє користувачеві перетворити майже будь-який 3D-предмет на одяг і навіть побу-

дувати одяг з нуля. Вирішення зіткнень швидко та точно навіть у складних моделюваннях. Локальне моделювання дозволяє художникам драпірувати тканину в режимі реального часу, щоб встановити початковий стан одягу перед встановленням анімаційних клавiш.

Моделювання тканини можна використовувати разом з іншими динамічними силами 3ds Max, такими як Space Warps. Кілька незалежних систем тканини можна оживити своїми об'єктами та силами. Дані про деформацію тканини можна кешувати на жорсткому диску, щоб забезпечити неруйнівні ітерації та покращити ефективність відтворення.

#### Інтеграція з Autodesk Vault

Плагін Autodesk Vault, який постачається з 3ds Max, консолідує активи 3ds Max користувачів в одному місці, дозволяючи їм автоматично відстежувати файли та керувати поточною роботою. Користувачі можуть легко та безпечно знаходити, обмінюватися та використовувати 3ds Max (та проектувати) активи у масштабованому виробничому та візуалізаційному середовищі.

#### Максимальний графік створення

Представлений Max 2016, графік створення максимальної графіки (MCG) дозволяє користувачам створювати модифікатори, геометрію та додаткові додатки, використовуючи робочий процес на основі візуального вузла.

За допомогою MCG користувач може створити новий плагін за 3ds Max за хвилини, просто з'єднавши разом вузли параметрів, обчислювальні вузли та вихідні вузли. Отриманий графік може бути збережений у XML-файлі (.maxtool) або упакований з будь-якими сполуками (.maxcompound), залежно від цього у ZIP-файлі (.mcg), яким можна легко поділитися з користувачами 3ds Max.

Відкрита мова затінення (OSL) дозволяє використовувати нову карту OSL, цілу категорію різних карт OSL, і ви можете створювати власні карти OSL, використовуючи інструменти розробки для використання з будь-яким рендером.

Мова відкритого затінення (OSL) — мова затінення з відкритим кодом, яку

зрозуміти досить просто. Його можна використовувати декількома різними способами. Ви можете використовувати карту OSL, яка є середовищем виконання для шейдерів OSL всередині 3ds Max, і вона працює як і будь-яка звичайна вбудована карта 3ds Max. Існує також категорія попередньо завантажених карт OSL, якими ви можете легко користуватися. Крім того, ви можете використовувати будь-які карти OSL, які ви завантажуєте з Інтернету. Нарешті, ви можете створити шейдер або карту в OSL за допомогою наших інструментів розробки. Це набагато простіший метод створення власних карт, ніж розробка еквівалентної функціональності, як карта 3ds Max C++.

## 2.5. Відомості про симулятори

Ігровий двигун — це середовище розробки програмного забезпечення, призначене для людей для створення відеоігор. У багатьох випадках ігрові двигуни забезпечують набір інструментів візуального розвитку на додаток до компонентів програмного забезпечення для багаторазового використання. Ці інструменти, як правило, надаються в інтегрованому середовищі розробки для спрощення, швидкого розвитку ігор, керованих даними. Розробники ігрових систем намагаються «заздалегідь винайти колесо», розробивши надійні програмні пакети, які включають багато елементів, які розробнику гри може знадобитися для створення гри. Більшість наборів ігрових двигунів надають засоби, що полегшують розвиток, такі як графіка, звук, фізика та функції AI. Ці ігрові двигуни іноді називають "середнім програмним забезпеченням", оскільки, як і в діловому сенсі цього терміна, вони забезпечують гнучку і багаторазову програмну платформу, яка забезпечує всі основні функціональні можливості, необхідні прямо з коробки, для розробки ігрового додатка, зменшуючи при цьому витрати, складності та час виходу на ринок — все найважливіші фактори у висококонкурентній галузі відеоігор. Станом на 2001 рік, Gamebryo, JMonkeyEngine та RenderWare були такими широко використовуваними програмами середнього програмного забезпечення.

Як і інші типи проміжного програмного забезпечення, ігрові двигуни зазвичай забезпечують абстракцію платформи, дозволяючи запускати одну і ту ж гру на різних платформах, включаючи ігрові консолі та персональні комп'ютери, з невеликими, якщо такі є, змінами, внесеними в вихідний код гри. Часто ігрові двигуни розроблені з компонентною архітектурою, яка дозволяє замінити або розширити конкретні системи в двигуні більш спеціалізованими (а часто і дорожчими) ігровими проміжними компонентами. Деякі ігрові двигуни розроблені у вигляді серії слабо пов'язаних компонентів програмного забезпечення для ігор, які можна вибірково комбінувати для створення користувацького двигуна замість більш поширеного підходу розширення або налаштування гнучких інтегрованих продуктів. Однак розширеність досягається, вона залишається головним пріоритетом для ігрових двигунів через широке різноманіття застосувань, для яких вони застосовуються. Незважаючи на специфіку назви, ігрові двигуни часто використовуються для інших видів інтерактивних додатків з графічними потребами в реальному часі, такими як демонстрації маркетингу, архітектурні візуалізації, тренувальні тренування та моделювання середовищ.

Деякі ігрові двигуни надають лише можливості 3D-рендерінгу в реальному часі замість широкого спектру функціональних можливостей, необхідних іграм. Ці двигуни покладаються на розробника ігор, щоб реалізувати решту цієї функціональності або зібрати її з інших компонентів програмного забезпечення середнього програмного забезпечення. Ці типи двигунів зазвичай називають "графічним двигуном", "двигуном візуалізації" або "3D двигуном" замість більш охоплюючого терміна "ігровий движок". Ця термінологія не послідовно використовується, оскільки багато повнофункціональних ігрових 3D-ігор називають просто "3D-двигунами". Кілька прикладів графічних двигунів: Crystal Space, Genesis3D, Irrlicht, OGRE, RealmForge, Truevision3D і Vision Engine. Сучасні Ігрові або графічні двигуни, як правило, забезпечують графічні сцени, які є об'єктно-орієнтованим представленням світу ігор 3D,

який часто спрощує дизайн ігор і може бути використаний для ефективнішого відображення величезних віртуальних світів.

По мірі старіння технології компоненти двигуна можуть застаріти або бути недостатніми для потреб певного проекту. Оскільки складність програмування абсолютно нового двигуна може спричинити небажані затримки (або вимагати повного перезавантаження проекту), команда розробників може обрати для оновлення існуючий двигун новіші функціональні можливості або компоненти.

Фактична логіка гри повинна бути реалізована за допомогою деяких алгоритмів. Це відрізняється від будь-якої візуалізації.

Система візуалізації генерує анімовану 3D-графіку будь-яким із ряду методів (растеризація, відстеження променів тощо).

Замість того, щоб запрограмовано і компільовано для виконання безпосередньо на процесорі або GPU, найчастіше двигуни візуалізації будуються на одному або декількох інтерфейсах програмування програм (API), таких як Direct3D, OpenGL або Vulkan, які забезпечують програмне абстрагування графіки процесорний блок (GPU). Бібліотеки низького рівня, такі як DirectX, Simple DirectMedia Layer (SDL) та OpenGL, також часто використовуються в іграх, оскільки вони забезпечують незалежний від апаратного забезпечення доступ до іншого комп'ютерного обладнання, наприклад пристроїв введення (миша, клавіатура та джойстик), мережевих карт, та звукові карти. До 3D-графіки, прискореної апаратним забезпеченням, використовувалися рендери програмного забезпечення. Програмна візуалізація все ще використовується в деяких інструментах моделювання чи для нерухомих зображень, коли візуальна точність оцінюється в режимі реального часу (кадрів за секунду) або коли комп'ютерне обладнання не відповідає потребам, таким як підтримка шейдера.

З появою апаратної прискореної обробки фізики стали доступними різні фізичні API, такі як PAL, та розширення COLLADA з фізики для забезпечен-

ня програмного забезпечення абстракції підрозділу обробки фізики різних постачальників програмного забезпечення та консольних платформ.

Ігрові двигуни можна писати будь-якою мовою програмування, як C++, C або Java, хоча кожна мова структурно відрізняється і може забезпечити різний рівень доступу до певних функцій.

Аудіо двигун — це компонент, який складається з алгоритмів, пов'язаних із завантаженням, зміною та виведенням звуку через систему колонок клієнта. Як мінімум, він повинен мати можливість завантажувати, розпаковувати та відтворювати звукові файли. Більш просунуті аудіо двигуни можуть обчислювати та виробляти такі речі, як доплерівські ефекти, відлуння, регулювання висоти/амплітуди, коливання тощо. Він може виконувати обчислення на процесорі або на спеціальному ASIC. Доступні API абстракції, такі як OpenAL, SDL аудіо, XAudio 2, Web Audio тощо.

### Двигун фізики

Двигун фізики відповідає за реалістичне наслідування законів фізики у програмі. Зокрема, він пропонує набір функцій для імітації фізичних сил та зіткнень, що діють на різні об'єкти в грі під час виконання.

### Штучний інтелект

AI, як правило, передається з основної ігрової програми в спеціальний модуль, який повинен бути розроблений та записаний інженерами-програмістами зі спеціальними знаннями. Більшість ігор реалізують дуже різні системи AI, і, таким чином, AI вважається специфічним для тієї гри, для якої він створений. Багато сучасних ігрових двигунів оснащені алгоритмами пошуку, такими як A-зірка та підпрограми для випікання геометрії рівня в Navmesh, що може допомогти прискорити процес сценаріїв поведінки AI.



## 2.6. Unity (ігровий двигун)

Unity — це міжплатформенний ігровий движок, розроблений Unity Technologies, вперше оголошений та випущений у червні 2005 року на Всесвітній конференції розробників Apple Inc. як ігровий двигун Mac OS X. Станом на 2018 рік, двигун був розширений для підтримки понад 25 платформ. Двигун може бути використаний для створення тривимірних, двовимірних, віртуальної реальності та ігор з доповненою реальністю, а також для моделювання та іншого досвіду. Двигун був прийнятий у галузях, що не входять до відеоігор, таких як кіно, автомобілебудування, архітектура, інженерія та будівництво.

З моменту запуску було випущено кілька основних версій Unity. Остання стабільна версія — 2019.2.12, була випущена в листопаді 2019 року.

### Огляд двигуна

Unity надає користувачам можливість створювати ігри та враження як у 2D, так і в 3D, а двигун пропонує первинний API сценаріїв на C#, як для редактора Unity у вигляді плагінів, так і для самих ігор, а також функцій перетягування. До того, як C# була основною мовою програмування, що використовується для двигуна, вона раніше підтримувала Boo, який був видалений з випуском Unity 5, та версією JavaScript під назвою UnityScript, яка була застаріла в серпні 2017 року після виходу Єдності 2017.1, на користь C#.

У межах 2D ігор Unity дозволяє імпортувати спрайтів та просунутий 2D світовий рендер. Для 3D-ігор Unity дозволяє визначати стиснення текстури, міп-карти та налаштування роздільної здатності для кожної платформи, яку підтримує ігровий двигун, та забезпечує підтримку збільшеного картографування, відображення відображення, картографування паралакса, оклюзії навколишнього простору екрану (SSAO), динамічного тіні з використанням тіньових карт, відображення текстури та ефектів післяобробки на весь екран.

Станом на 2018 рік Unity використовувався для створення приблизно половини нових мобільних ігор на ринку та 60 відсотків змісту доповненої реальності та віртуальної реальності.

### Підтримувані платформи

Unity є двигуном між платформами. Редактор Unity підтримується в windows та macOS, з версією редактора, доступною для платформи Linux, хоча і в експериментальній стадії, а сам двигун на даний момент підтримує побудову ігор для більш ніж 25 різних платформ, включаючи мобільні та настільні комп'ютери, консолі та віртуальна реальність. Платформи включають iOS, Android, Tizen, Windows, Універсальна платформа Windows, Mac, Linux, WebGL, PlayStation 4, PlayStation Vita, Xbox One, 3DS, Oculus Rift, Google Cardboard, Steam VR, PlayStation VR, Gear VR, Змішана реальність Windows, Daydream, Android TV, Samsung Smart TV, tvOS, комутатор Nintendo, Fire OS, ігрова кімната Facebook, ARKit від Apple, Google ARCore, Vuforia, та Magic Leap.

Станом на 2018 рік Unity використовувався для створення приблизно половини мобільних ігор на ринку та 60 відсотків змісту доповненої реальності та віртуальної реальності, включаючи приблизно 90 відсотків на нових платформах розширеної реальності, таких як Microsoft HoloLens та 90 відсотків змісту VR Gear Samsung. Технологія єдності є основою для більшості досвіду віртуальної реальності та доповненої реальності, і Фортун сказав, що Єдність "домінує у бізнесі віртуальної реальності". Unity Machine Learning Agents — це програмне забезпечення з відкритим кодом, завдяки якому платформа Unity підключається до програм машинного навчання, включаючи Google TensorFlow. Використовуючи проби та помилки в агентах машинного навчання Unity, віртуальні персонажі використовують підкріплення для побудови креативних стратегій у реалістичних віртуальних пейзажах. Програмне забезпечення використовується для розробки роботів та автошколів.

Раніше Unity підтримував інші платформи, включаючи власний веб-плеєр Unity, плагін веб-браузера. Однак це було застаріло на користь WebGL. Починаючи з версії 5, Unity пропонує свій пакет WebGL, зібраний у JavaScript, використовуючи двоступеневий перекладач мови (C# на C++ і нарешті на JavaScript).

Unity — це набір для розробки програмного забезпечення за замовчуванням (SDK), що використовується для консолі відеоігор Nintendo Wii U, з безкоштовною копією, що додається Nintendo разом із ліцензією розробника Wii U. Unity Technologies назвав цю групу сторонніх SDK "першою галуззю".

### Ліцензійна модель

Протягом перших десяти років як продукту платні версії Unity були продані прямо; у 2016 році корпорація перейшла на модель підписки. Єдність має безкоштовні та платні ліцензійні варіанти. Безкоштовна ліцензія призначена для особистого користування або менших компаній, що генерують менше 100 000 доларів США щорічно, а підписки засновані на доходах, отриманих від ігор за допомогою Unity.

### Unity Asset Store

Творці можуть розробляти та продавати створені користувачем активи іншим виробникам ігор через Unity Asset Store. Сюди входять тривимірні та двовимірні активи та середовища, які розробники можуть купувати та продавати. У 2018 році магазин додав бібліотеку Rokoko для захоплення руху. Unity Asset Store запустили у 2010 році. До 2018 року через цифровий магазин було завантажено приблизно 40 мільйонів.

### Види використання

У 2010 році Unity Technologies використовував свій ігровий механізм для переходу в інші галузі, використовуючи 3D-платформу в реальному часі, включаючи кіно та автомобілебудування. Єдність спершу експериментувала

над створенням фільму з Адамом, короткометражним фільмом про робота, який рятується із в'язниці. Пізніше Юніті співпрацювало з режисером фільмом Нілом Бломкампом, чії студії Oats Studios використовували інструменти двигуна, включаючи візуалізацію в режимі реального часу та кінематограф, щоб створити два короткометражні фільми, створені комп'ютером: Адам: Дзеркало та Адам: Пророк. На конференції Unite Europe 2017 в Амстердамі Unity зосередилась на створенні фільмів з новим інструментом Cinemachine Unity 2017.1. У 2018 році Disney Television Animation запустив три шорти, що називаються Baymax Dreams, які були створені за допомогою двигуна Unity. Автовиробники використовують технологію Unity для створення повномасштабних моделей нових транспортних засобів у віртуальній реальності, побудови віртуальних складальних ліній та підготовки працівників. Двигун Unity використовується DeepMind, компанією Alphabet Inc., для підготовки штучного інтелекту. Інші сфери використання Unity Technologies включають архітектуру, інженерію та будівництво.

### Unreal Engine

Unreal Engine — це ігровий двигун, розроблений компанією Epic Games, вперше продемонстрований у 1998 році шутер від першої особи Unreal. Хоча спочатку розроблений для шутерів від першої особи, він з успіхом застосовується в багатьох інших жанрах, включаючи платформи, бойові ігри, MMORPG та інші RPG. Завдяки своєму коду, написаному на C++, Unreal Engine має високу ступінь портативності і є інструментом, який сьогодні застосовують багато розробників ігор, і він доступний для джерела. Найновішою версією є Unreal Engine 4, який вийшов у 2014 році.

### Unreal Engine 4

У серпні 2005 року віце-президент Epic Games Марк Рейн виявив, що Unreal Engine 4 розробляється з 2003 року. До 2008 року розробкою "в основному" займався Свіні. У лютому 2012 року Рейн заявив, що "люди будуть

шоковані пізніше цього року, коли побачать Unreal Engine 4"; Епік представив UE4 обмеженим учасникам на Конференції розробників ігор 2012 року та відео про те, як двигун працює продемонстрований технічним художником Аланом "Талісманом" Віллардом був випущений для публіки 7 червня 2012 року через GameTrailers TV.

Однією з найважливіших особливостей, запланованих для UE4, було глобальне освітлення в режимі реального часу за допомогою відстеження конусів вокселів, що виключало попередньо обчислене освітлення. Однак ця функція, що отримала назву Sparse Voxel Octree Global Illumination (SVOGI), була замінена аналогічним, але менш обчислювально дорогим алгоритмом через проблеми з продуктивністю. UE4 також включає нові функції розробника для скорочення часу ітерації та дозволяє оновити код C++ під час роботи двигуна. Нова система візуальних сценаріїв "Креслення" (наступник UE3 "Kismet") дозволяє швидко розвивати логіку гри без використання C++ і включає в себе налагодження в реальному часі. Результатом є скорочення часу ітерації та менший розрив між технічними художниками, дизайнерами та програмістами.

Я можу сказати: "Я збираюсь перетворити цей стовп в план і додати до нього якусь пастку". Це означає, що я дійсно можу увійти і почати вдосконалювати свій світ взаємодією, що просто не було б можливим без технічного художника, дизайнера та програміста, і тепер будь-хто з цих трьох може зробити все це, за умови, що вони мають зручні активи. Справа в тому, що я можу просто зайти і сказати: "Якщо ви знаходитесь в межах відстані X від цієї речі, починайте світитися і прийміть мою відстань до неї, нормалізуйте її від нуля до одного, а потім просто лерп між двома різними значеннями яскравості, тож коли я дотягуюсь до чогось, що стає гарячим '... це було б чимось спроможним, але дуже складним для будь-кого, окрім геймплейного програміста. І він би не знав, як створити активи, але тепер хтось із трьох може це зробити.

19 березня 2014 року на конференції розробників ігор (GDC) Epic Games випустили Unreal Engine 4 через нову ліцензійну модель. Для щомісячної підписки на рівні 19 доларів США розробникам було надано доступ до повної версії двигуна, включаючи вихідний код C++, який можна було завантажити через GitHub. Будь-який випущений продукт стягувався із 5% роялті валового доходу. Першою грою, випущеною за допомогою Unreal Engine 4, став Daylight, розроблений з раннім доступом до двигуна та випущений 29 квітня 2014 року.

4 вересня 2014 року Epic безкоштовно випустив Unreal Engine 4 до шкіл та університетів, включаючи особисті копії для студентів, які навчаються в акредитованих програмах розвитку відеоігор, інформатики, мистецтва, архітектури, моделювання та візуалізації. 19 лютого 2015 року Epic запустив Unreal Dev Grants — фонд розвитку на 5 мільйонів доларів, спрямований на надання грантів творчим проектам за допомогою Unreal Engine 4.

Під час березня 2015 року конференція розробників ігор Epic оголосила, що випустить Unreal Engine 4 разом із усіма майбутніми оновленнями безкоштовно для всіх користувачів. В обмін на це Epic встановив вибірковий графік роялті, вимагаючи 5% доходу за продукцію, яка складає понад 3000 доларів на квартал, а також створив Unreal Marketplace, щоб користувачі могли продавати контент за допомогою Epic, а також зменшуючи продажі. Sweeney заявив, що, перейшовши на модель підписки в 2014 році, використання Unreal зросло в 10 разів і завдяки багатьом меншим розробникам, і вважав, що вони отримають ще більше використання завдяки цій новій схемі ціноутворення.

Намагаючись залучити розробників Unreal Engine, Oculus VR оголосив у жовтні 2016 року, що сплачуватиме гонорари за всі титули Oculus Rift, оснащені Unreal, опубліковані в їхньому магазині до перших 5 мільйонів доларів валового доходу за гру.

Щоб підготуватися до випуску свого безкоштовного режиму "Battle Royale" у Fortnite у вересні 2017 року, Epic довелося внести ряд модифікацій

Unreal Engine, які допомогли йому обробити велику кількість (до 100) підключень до той же сервер, зберігаючи високу пропускну здатність, і покращити візуалізацію великого відкритого в грі світу. Еріс включив ці зміни до майбутніх оновлень Unreal Engine.

З відкриттям магазину Epic Games в грудні 2018 року, Epic не стягуватиме плату за дохід у розмірі 5% від ігор, які використовують Unreal Engine та випущені через магазини Epic Games, поглинаючи цю вартість як частину базового 12% зниження Epic. для покриття інших витрат.

## 2.7. Unigine

Unigine — це власницький кроссплатформенний ігровий двигун, розроблений російською програмною компанією Unigine Corp. Окрім використання в якості ігрового двигуна, він в основному використовується в області бізнесу: тренажери, системи віртуальної реальності, серйозні ігри та візуалізація. Відмінною особливістю Unigine є підтримка великих відкритих світів, аж до масштабів планети. Він також має вдосконалений 3D-рендер, який на даний момент підтримує OpenGL 4 та DirectX 11. Оновлений пакет SDK Unigine випускається кожні 3 місяці.

Unigine Engine — це також основна технологія для лінійки орієнтирів (процесор, графічний процесор, джерело живлення, система охолодження), які використовуються розгортками та технічними носіями: Hard's Tom, Linus Tech Tips], PC Gamer та ін. Тести Unigine також включаються до складу тестового набору Phoronix для цілей бенчмаркінгу в Linux та інших системах.

## UNIGINE 2

Вийшов 10 жовтня 2015 року. Unigine 2 має всі функції від Unigine 1, надаючи більше уваги тренажерам та використанню підприємств. Основні відмінності полягають у переході від прямого рендерінгу до відкладеного підходу відтворення, затінення PBR та впровадження декількох нових графічних

технологій, таких як вода геометрії, багат шарове об'ємне хмарність, SSRTGI та освітлення на основі вокселів та впровадження API C#.

### Платформи

Підтримувані платформи: Microsoft Windows, Linux, OS X (підтримка припинена починаючи з версії 2.6). UNIGINE 2 підтримує такі графічні API: DirectX 11, OpenGL 4.x.

Існує 3 API для розробників: C++, C#, UnigineScript. Підтримувані мови шейдерів: HLSL, GLSL, UUSL (Unified Unigine Shader Language).

### Технологія SSRTGI

Власна технологія візуалізації SSRTGI (Screen Space Ray-Traced Global Illumination) була введена в 2.5 версії. Він був представлений на SIGGRAPH 2017 в реальному часі! подія.

## 2.8. CryEngine

CryEngine — це ігровий движок, розроблений німецьким розробником ігор Crytek. Він використовувався у всіх їх заголовках, коли початкова версія використовувалася в Far Cry, і продовжує оновлюватися для підтримки нових консолей та обладнання для їх ігор. Він також використовувався для багатьох сторонніх ігор за ліцензійною схемою Crytek, включаючи Sniper: Ghost Warrior 2 та SNOW. Warhorse Studios використовує модифіковану версію двигуна для свого середньовічного RPG Kingdom Come: Deliverance. Ubisoft підтримує внутрішньо сильно модифіковану версію CryEngine з оригінального Far Cry під назвою Dunia Engine, який використовується в їхніх пізніших ітераціях серії Far Cry.

Згідно з різними анонімними повідомленнями у квітні 2015 року CryEngine отримала ліцензію на Amazon на \$ 50–70 млн. Отже, у лютому 2016 року Amazon випустила власну перероблену та розширену версію CryEngine під назвою Amazon Lumberyard.



## CryEngine V

22 березня 2016 року Crytek оголосив про нову версію CryEngine під назвою CryEngine V. Крім того, була введена нова модель ліцензування з моделлю "плати, що ти хочеш" для використання та доступу до вихідного коду.

21 вересня 2017 року було випущено CryEngine 5.4. додавання рендерінга Vulkan API в якості бета-версії, інтеграції речовин та інших функцій, включаючи нові шаблони C#, оновлення системи об'єктів та нові методи протизшивання.

20 березня 2018 року Crytek змінив ліцензування з "плати, що хочеш", на 5% модель розподілу доходу.

### Висновки по розділу

В цьому розділі розглянуто та проаналізовано існуючі середовища та симулятори 3D-середовищ. В результаті оптимальним середовищем 3D-моделювання для даної роботи було обрано програму Blender. З її допомогою було створено програмний модуль для процедурної генерації 3D ландшафту місцевості.

### РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА ДАНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення цілей візуалізації та моделювання, викладених у цій роботі, буде використовуватися декілька методів та інструментів, деякі з яких можуть не здаватися актуальними в традиційному середовищі ГІС. Хоча в цілому ми прагнемо використовувати якнайбільше даних з високою роздільною здатністю, обмеження доступних обчислювальних фінансово-фінансових ресурсів не дозволяють купувати кращі рельєфи місцевості та джерела зображень. Однак обсяг досліджуваної площі та заплановані оглядові візуалізації не потребували найвищої можливої деталізації та зробили обробку значно більш ефективною. Моделювання террайна проводилось за допомогою програми 3D моделювання Blender. Початкова поверхня СРТМ була доповнена моделями штучних особливостей, створення та інтеграція яких є основним напрямком роботи. Вихідні дані запланованих поверхневих об'єктів були отримані з карт, знайдених у звітах про оцінку впливу на навколишнє середовище (RMGC2014) веб-сайту RMGC. Дослідження представило декілька проблем обробки та перетворення даних, а саме:

- перетворення та геореференційна карта у PDFfiles;
- поєднання TIN та растрові поверхневі моделі;
- модифікація та реінтеграція супутникових знімків;

#### 3.1. Відомості про геоінформатику

Геоінформатика (GIScience, Geographic Information Science, Geoinformatics) — наукова робота, технологія та виробнича діяльність за участю наукової обґрунтування, проектування, створення, експериментального використання та використання географічних інформаційних систем (ГІС), за розробкою геоінформаційних технологій та застосуванням географічних технологій або наукових цілей.

Деталізованість геометрії та семантичних об'єктів може бути різною, але завжди диктується метою і масштабом дослідження. На прикладі, якщо необхідно вказати кількість островів у архіпелазі, достатньо кожен з них предста-

вити в БГД точкою. Однак, якщо шукома величина є сумарною довжиною берегової лінії, кожен острів необхідно представити у вигляді об'єкта (багатокутника).

Моделі представлення географічного простору можна розділити за двома категоріями: об'єктно орієнтовані та просторово орієнтовані.

Об'єктно-орієнтований підхід використовується для представлення об'єктів географічного простору, обласних визначених (можливо, не чітко) межових і відносних постійних високих внутрішніх характеристик. Це можуть бути як реальні об'єкти (річки, ліс, населені пункти), так і наукові абстракції (наприклад, райони, виділені за конкретним критерієм).

Сучасні технології ГІС використовують цифрову інформацію, для якої використовуються різні оцифровані методи створення даних. Найпоширеніший метод створення даних - це оцифрування, де карта на паперовій копії або план опитування переносяться в цифровий носій за допомогою програми CAD та можливостей геопосилання. З широкою доступністю орто-випрямлених зображень (із супутників, літальних апаратів, гелікітів та БПЛА) головна дорога, завдяки якій витягуються географічні дані, стає головним способом оцифрування. Цифрова підголовка включає в себе відстеження географічних даних безпосередньо поверх аерофотознімань, а не традиційним методом відстеження географічної форми на окремому планшеті для оцифрування (зверху вниз оцифрування).

Геообробка - це операція ГІС, яка використовується для маніпулювання просторовими даними. Типова геопроекторна операція приймає набір даних введення, виконує операцію над цим набором даних і повертає результат операції як вихідний набір даних. Поширені геопроекторні операції включають накладання географічних ознак, вибір та аналіз функцій, обробку топології, растрову обробку та перетворення даних. Геообробка дозволяє визначити, керувати та аналізувати інформацію, яка використовується для формування рішень.

### Зв'язок інформації з різних джерел

GIS використовує просторово-часове (просторово-часове) розташування як ключову змінну індексу для всієї іншої інформації. Подібно до того, як реляційна база даних, що містить текст або числа, може співвідносити багато різних таблиць, використовуючи загальні змінні індексу ключів, ГІС може співвідносити інформацію, яка не пов'язана в іншому випадку, використовуючи розташування як змінну індексу ключів. Ключовим є розташування та / або міра в просторі-часі.

Будь-яка змінна, яка може бути розташована просторово, а все частіше і тимчасовіше, може бути посиляється за допомогою ГІС. Місцеположення або розширення в просторі Землі-час можуть записуватися як дати / часи виникнення, а  $x$ ,  $y$  і  $z$  координати, що представляють, довготу, широту та висоту відповідно. Ці ГІС-координати можуть представляти інші кількісно оцінені системи часово-просторової орієнтації (наприклад, номер кадру плівки, станція датчика потоку, маркер милі на шосе, орієнтир геодезики, адреса будівлі, перехресть вулиці, входні ворота, зондування глибини води, креслення POS або CAD походження / одиниці). Одиниці, застосовані до записаних тимчасово-просторових даних, можуть сильно відрізнятися навіть при використанні абсолютно однакових даних, але всі просторово-часові розташування та розміри посилянь на основі Землі повинні, в ідеалі, бути пов'язаними один з одним і, зрештою, а "реальне" фізичне розташування або ступінь простору-часу.

Пов'язані з точною просторовою інформацією, неймовірно різноманіття реальних та прогнозованих даних минулого чи майбутнього можна аналізувати, інтерпретувати та представляти. Ця ключова характеристика ГІС почала відкривати нові шляхи наукового дослідження поведінки та зразків інформації в реальному світі, які раніше не були систематично співвіднесені.

## Невизначеності ГІС

Точність ГІС залежить від вихідних даних та того, як вони кодуються для посилення на дані. Землевпорядники змогли забезпечити високий рівень позиційної точності, використовуючи GPS-позиції. Цифрові рельєфи місцевості та аерофотознімки високої роздільної здатності потужні комп'ютери та веб-технології змінюють якість, корисність та сподівання ГІС на користь суспільству в масштабному масштабі, але, тим не менш, є й інші джерела даних, які впливають на загальну точність ГІС, як папір карти, хоча вони можуть мати обмежене використання для досягнення бажаної точності.

Топографічні карти є основним джерелом, а аерофотозйомка та супутникові знімки є додатковими джерелами для збору даних та ідентифікації атрибутів, які можна відображати пошарово на факсиміле масштабу локації. Масштаб типу представлення карти та географічного відображення області є дуже важливими аспектами, оскільки зміст інформації залежить головним чином від набору масштабів та відповідної локалізації зображень карти. Для оцифрування карти потрібно перевірити карту в межах теоретичних розмірів, потім відсканувати у растровий формат, і отримані растрові дані мають надати теоретичний вимір за допомогою технологій технологій гумового покриття/викривлення.

Кількісний аналіз карт приводить у фокус питання точності. Електронне та інше обладнання, яке використовується для вимірювання ГІС, набагато точніше, ніж машини звичайного картографічного аналізу. Усі географічні дані за призначенням є неточними, і ці неточності поширюватимуться через ГІС-операції способами, які важко передбачити.

## Представлення даних

Дані ГІС представляють реальні об'єкти (такі як дороги, землекористування, висота, дерева, водні шляхи тощо), а цифрові дані визначають суміш. Реальні об'єкти можна розділити на дві абстракції: дискретні об'єкти (напри-

клад, будинок) і суцільні поля (наприклад, кількість опадів або висота). Традиційно існує два широкі методи, що використовуються для зберігання даних у ГІС для обох типів посилання на відображення абстракцій: растрові зображення та вектор. Точки, лінії та багатокутники є елементами відображених посилань на атрибути розташування. Новим гібридним методом зберігання даних є ідентифікація хмарних точок, які поєднують тривимірні точки з інформацією RGB у кожній точці, повертаючи "кольорове зображення 3D". Потім тематичні карти ГІС стають все більш реалістично візуально описовими для того, що вони планують показати чи визначити.

### Збір даних

Приклад апаратного забезпечення для картографування (GPS та лазерний далекомір) та збору даних (міцний комп'ютер). Сучасна тенденція географічної інформаційної системи (ГІС) полягає в тому, що точне картографування та аналіз даних завершені, перебуваючи на місцях. Зображене обладнання (технологія польових карт) використовується в основному для інвентаризацій лісів, моніторингу та картографування.

Збір даних - введення інформації в систему - вимагає значної частини часу практикуючих ГІС. Існує безліч методів введення даних у ГІС, де вони зберігаються в цифровому форматі.

Існуючі дані, надруковані на паперових або ПЕТ-картах, можуть бути оцифровані або скановані для отримання цифрових даних. Оцифровник виробляє векторні дані, оскільки оператор відслідковує точки, лінії та межі полігона на карті. Сканування карти призводить до отримання растрових даних, які можуть бути додатково оброблені для отримання векторних даних.

Дані опитування можуть бути безпосередньо введені в ГІС із цифрових систем збору даних на інструментах опитування за допомогою методики, що називається геометрією координат (COGO). Такі позиції з глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS), як Global Positioning System, також можна збирати та потім імпортувати в ГІС. Сучасна тенденція збору даних на-

дає користувачам можливість використовувати польові комп'ютери з можливістю редагування живих даних за допомогою бездротових з'єднань або відключених сеансів редагування. Це було покращено наявністю недорогих GPS-модулів з картографічною точністю з дециметровою точністю в режимі реального часу. Це позбавляє від необхідності публікувати обробку, імпорт та оновлення даних в офісі після збору польових робіт. Сюди входить можливість включення позицій, зібраних за допомогою лазерного далекоміра. Нові технології також дозволяють користувачам створювати карти, а також аналізувати безпосередньо у цій галузі, роблячи проекти більш ефективними та більш чіткими.

Дані з дистанційним відчуттям також відіграють важливу роль у зборі даних і складаються з датчиків, прикріплених до платформи. Датчики включають камери, цифрові сканери та лідар, а платформи зазвичай складаються з літальних апаратів та супутників. В Англії в середині 1990-х гібридний кайт/повітряна куля під назвою гелікіти вперше запровадив використання компактних повітряних цифрових камер як повітряних геоінформаційних систем. Для з'єднання фотографій та вимірювання землі було використано програмне забезпечення для вимірювання літаків із точністю до 0,4 мм. Гелікіти недорогі і збирають більш точні дані, ніж літаки. Гелікіти можна використовувати над дорогами, залізницями та містами, де заборонені безпілотні літальні апарати (БПЛА).

Останнім часом збір повітряних даних стає можливим за допомогою мініатюрних БПЛА. Наприклад, розвідник «Еріон» був використаний для відображення площі 50 акрів із відстані до 2,5 см в межах вибірки землі за 2,5 хвилини.

Більшість цифрових даних в даний час походить від фотоінтерпретації аерофотознімків. Робочі станції з копіюванням використовуються для оцифрування функцій безпосередньо із стерео-пар цифрових фотографій. Ці системи дозволяють фіксувати дані у двох та трьох вимірах з висотами, виміряними безпосередньо від стерео пари, використовуючи принципи фотограм-

метрії. Перед тим, як потрапити в систему копіювання, аналогічні аерофото-знімки повинні бути скановані, для високоякісних цифрових камер цей крок пропускається.

Супутникове дистанційне зондування забезпечує ще одне важливе джерело просторових даних. Тут супутники використовують різні пакети датчиків для пасивного вимірювання відбиття від частин електромагнітного спектру або радіохвиль, які були відправлені з активного датчика, такого як радар. Дистанційне зондування збирає растрові дані, які можуть бути додатково оброблені за допомогою різних діапазонів для ідентифікації об'єктів та класів, що цікавлять, наприклад, земельний покрив.

Коли дані збираються, користувач повинен враховувати, чи слід збирати дані з відносною точністю або абсолютною точністю, оскільки це може впливати не тільки на те, як буде інтерпретуватися інформація, але й на вартість збору даних.

Після введення даних у ГІС дані зазвичай потребують редагування, видалення помилок або подальшої обробки. Для векторних даних він повинен бути зроблений "топологічно правильним", перш ніж вони можуть бути використані для деякого розширеного аналізу. Наприклад, у дорожній мережі лінії повинні з'єднуватися з вузлами на перехресті. Помилки, такі як підкреслення та перекриття, також повинні бути усунені. Для відсканованих карт, можуть виникнути помилки на вихідній карті з отриманого растру. Наприклад, пляма бруду може з'єднати дві лінії, які не повинні бути з'єднані.

#### Растрово-векторний переклад

Дані результатів тестування можуть виконуватися в ГІС для перетворення даних у різні формати. Наприклад, ГІС може використовуватися для перетворення карти супутникового зображення у векторну структуру, генеруючи лінії навколо всіх комірок з однаковою класифікацією, визначаючи при цьому просторові зв'язки комірок, такі як суміжність або включення.



Більш вдосконалена обробка даних може відбуватися при обробці зображень - техніці, розробленій наприкінці 1960-х років NASA та приватним сектором для забезпечення посилення контрасту, помилкового відтворення кольорів та різноманітних інших методик, включаючи використання двовимірних перетворень Фур'є. Оскільки цифрові дані збираються та зберігаються різними способами, ці два джерела даних можуть бути не повністю сумісними. Таким чином, ГІС повинен мати можливість перетворювати географічні дані з однієї структури в іншу. При цьому неявні припущення, що стоять за різними онтологіями та класифікаціями, потребують аналізу. Об'єктна онтологія набула все більшої популярності як наслідок об'єктно-орієнтованого програмування та постійної роботи Баррі Сміта та його співробітників.

#### Проекції, системи координат та реєстрація

Земля може бути представлена різними моделями, кожна з яких може забезпечувати різний набір координат (наприклад, широту, довготу, висоту) для будь-якої точки земної поверхні. Найпростіша модель - припустити, що земля є досконалою сферою. Оскільки накопичилося більше вимірювань землі, моделі землі стали більш досконалими та точнішими. Насправді існують моделі, що називаються даними, які застосовуються до різних ділянок Землі для забезпечення підвищеної точності, як NAD83 для американських вимірювань, і Всесвітня геодезична система для вимірювань у всьому світі.

Просторово орієнтовані моделі описують розширення та переосмислення заданих характеристик у географічному просторі.

Векторна модель використовується для представлення точних та лінійних об'єктів, зазвичай ідентифікованих координат (з тими факторами, що мають назву «векторна модель »): місце розташування точка описується простим набором координат в дво або тривимірний простір, набір координат точки, межа області, що складається з однієї або більше замкнених ліній. Така модель реалізує представлення дискових об'єктів у відповідності з об'єктно орієнтованою моделлю, що показує реальність. Векторна модель добре підходить для представлення топографічних даних та граничних об'єктів. Вектор-

на нова модель включає топологічну модель, яка відповідає геометрії описує також взаємне розташування наших об'єктів їх топологічні відносини («справа», «зліва», «всередині», «примикає» і т. п.). Растрова модель це представлення просторих даних, додаткове географічне розподілення певного показника об'єктів достовірності у вигляді матриці комірок кінцевого розміру растра. Комірки растра іменуються пікселями (піксель від англ. «Елемент зображення»). Значення пікселів можуть бути результатами вимірювання, виведення або інтерполяції. Растрові моделі використовують для опису та аналізу даних, розрізнених в неконтрольованій області у відповідності до напруги з моделлю географічних полів. Розміщені розміри кольорових виробів це цифрові знімки та цифрові моделі рельєфу (ЦМР).

Наприклад, топографічну карту можна представити у вигляді категорійного растра. У цьому випадку кожна комірка буде мати клас в залежності. Результати класифікаторів растрового космічного зображення також представляють одно категорійний растр; вони створюють путь побудованої регулярної прямокутної (GRID) або трикутної (тріангуляції) мереж елементів, розроблених земною достовірністю. Із побудованими в ПСІСах використовуються для геоданих географічного аналізу та моделей постійних розширених даних. Розмір растра (пікселя) або комірки мережі визначають просторово напружене розширення даних їх простору детальності, і можливо оцінити точність (достовірність) моделювання. Розвиток довгий може бути пов'язаний з масштабним представленням даними даних або складною графікою місцевості або карт. Це робить їх пригідними для моделювання динамічних процесів (атмосферних циркуляцій, надійного стоків, міграційних процесів), в яких імітується переміщення енергії, що використовується або відома з комірки в комірку, що може бути зручно використовувати при використанні об'єктів точково орієнтованих моделей. Просторові об'єкти, що створюються, значною мірою містять дані, організовані за визначенням лінійного правильного, встановленого загальними принципами опису, зберігання та маніпулювання даних, і містять у собі вміст бази просторових даних (в термінології Esri ба-

за геоданих, БГД). В основі організації просторових даних в ГІС лежить уявлення просторових об'єктів в БГД згідно до їх тематики, локалізації і моделі.

Кожен шар представляє один тип таких об'єктів (точних, лінійних або полігональних) або групу концептуально взаємозв'язаних типів об'єктів. Наприклад, шар може включати лінійні об'єкти, що представляють лише лінії водотоків, або ж водотоки, озера, берегову лінію і болото. Можна також об'єднати всі предмети в одному шарі, подібному, наприклад, фізико-географічній карті. Такий опис можливостей моделює тріольні шляхові версії (оверлея) різних тематичних «серединних» координат даних. БГД використовує приватні випадкові бази даних, для їх управління використовується спеціалізоване програмне забезпечення, яке є системою управління базами даних (СУБД). У ГІС використовуються моделі СУБД реляційного типу. Базові поняття реляційних баз даних. Реляційні СУБД, що засновані на математичних принципах, називаються реляційною алгеброю або алгебраїчними відповідними, встановлюючи правила проектування та коректування таких систем. Реляційна алгебра заснована на теорії множин, в результаті чого ця кожна таблиця функціонує як кількість, тому, наприклад, у неї не може бути двома однаковими строками. Основними поняттями реляційних базових даних є: типові, відношення, кортеж (запис), атрибут, домен, первичний ключ, зовнішній ключ, нормалізація. Поняття даних по повному адекватно розуміє типу даних у мовних програмних програмах. Зазвичай в реляційних БД допускається зберігання символічних, численних даних, бітових строків, спеціалізованих номерів даних (таких, як «гроші»), а також спеціальні дані дата, час, тимчасова інтервал. Відношення це таблиця, використовує упорядковані записи кожного типу, заголовком яких є найменування кількості. Записи утворюють строки або кортежі; кожен запис має набір атрибутів, а ім'я атрибутів змінює стовбці таблиці. Повторно іноді говорять «столовий стіл», названий у «атрибут відносин». Число атрибутів у таблиці відповідає запису. Ключові відносини виконують підмножину атрибутів, що містить властивість — унікальність ідентифікації;

## Технології створення та використання растрових даних

Прийнято вважати, що більшість операцій просторового аналізу і моделювання в растрових системах виконуються простіше, ніж у векторних. Немає необхідності визначати переселення літній, за межами кордонів растрових полігонів визначають атрибути пікселів. Для визначення довгих ліній або площі потрібно лише підкреслити кількість пікселів з нульовим атрибутом, і забути уміщення на великій роздільній здатності. Не слід слідувати за тим, що довжина лінійного в растровому форматі істотно за візит від її орієнтації відносно комірок растра. Якщо вона ідеально підкреслює штрих або стовбців, то її довжина рівна сума комірок на великі розв'язки. Якщо лінія пересікає комірки по діагоналі, то її тривалість потрібна вдосконалити на корінь з 2. Боліша складна проблема — співчуття правильної довжини лінії. Розвиток растри може бути таким, що цілий участі середньої лінії буде показаний однією коміркою, і тоді довжина буде меншою реальною. Процес побудований растрових слоїв БД ГІС підкреслює геометричну узгодженість даних по коміркам растри, атрибути вступають у своє сучасне автоматично. Наявні дані різних тематичних BD взаємодіють у просторі (представлені в одній системі координати, пікселі мають одинарний розмір), щоб виконати операцію, перевернуту в растрових системах, що знаходиться тільки в атрибутивному просторі, наукові легенди карти. Тут на першому місці ви переходите не просто технологій, сумісних даних, а їх географічне узгодження.

Растровою системою, в якій світ моделює, як набір елементів, не власне поняття об'єкта як цілого. Тим не менш, використовуються найпростіші прийоми, можна експериментувати взаємозв'язки та рахувальні системи. Географічні явлення не обмежують дискретними точками, лініями та полігонами, тому в цілому растрові представити-лежить добре підходить для аналізу географічного простору, що облачне винищування якості. Растрова модель топологічно нерозривна, що дозволяє моделювати різні географічні поля, розрізнені і переносні речовини у просторі з однієї комірки в іншій; для сучасних

моделей часто використовують термін «достовірності». У силі регулярності растрової моделі просто в обробці, за всіма операціями можна знищити, орієнтуватися на матрицю комірок. Створення растрової моделі даних можуть бути створені різними способами. Передбачуйте всі ці відомості про аеро- та космічних зведеннях, автоматично створених у швидкому форматі; щоденні скановані бумажні зображення (наприклад, листові картки); данні, створені за допомогою використаних операцій конвертування слоїв; Нові просторі данні, створені за допомогою нових технологій, створюють регулярні сітки та її версії (наверху) на вибраних складних існуючих даних. Специфікація розроблених моделей даних як матриці штриху і стовбців з прив'язкою кожного чоловіка вимагає створення спеціальних географічних інструментів. Повторне виконання роботи в ArcGIS попередньо виконує процедуру аналізу необхідних завдань, необхідних для виконання робочих показників: поточні та тимчасові робочі області — вказівки місця розташування випускних даних; для оновлення даних цікавої області; розмір комірки — певне розведення розміру комірок; параметри маски — для обмеження території аналізують у прямокутному експерименті (якщо потрібно). Використовуючи задачі параметрів, середі аналізують можливість керувати способами, створеними вихідним растром. Задання срібла геообробки можливо перенаправити аргументованих даних в іншій робочій області або заданні для них тимчасово меншою робочою областю, використовуваною за замовчуванням. В ArcGIS заздалегідь запропонував спеціальні інструменти (RasterCreation) для створення нових раціональних моделей, в яких ви працюєте в ході знахідок в дослідженні екстракту і розмірів яйцевих вікон аналізу формують растри: констант; з виробничих знань з нормальним (гауссовим) розподілом; виробничих значень плаваючою точкою від 0,0 до 1,0. Ці інструменти надають корисну візуалізацію розрізнення явлення. вивчаючої території (кліматичні, гідрологічні, ресурсні та т. п.). Ця можливість застосовується, наприклад, для вивільнення повного простору аналізу на основі визначення об'єднань-носіїв (відсоткового, частин), типових об'єктів яких розміщено в коміркових сітках,

що вивчають учасники земної історії, і це реалізація регулярно-коміркових моделей даних. Задання такої аналітичної сітки (в інструменті ArcGIS fishnet) можливо визначити розміщення просторових статистичних об'єктів векторних (лінійних або точок) і представити їх у вигляді растрових, розглянути статистику за кількістю перекриваючих об'єктів слів по кожній комірці регулярної сітки (інструмент Статистика — Табличне перехрестя), зберігаючи результати — ти в своїй атрибутивній таблиці. Відбір цього слою в огляді карти походить на растровий, а в картографічній формі воно може представити дизайн діаграму.

### 3.2. Поняття просторового аналізу

Основне призначення ГІС-технологій — забезпечення функціонування ГІС як системи та виконання географічного аналізу та моделювання при вирішенні науково-дослідницьких і прикладних тематичних завдань. Просторовий аналіз включає формування класів просторових об'єктів на основу одного або множини показників, вивчення розміщення, пам'ять, динаміки та ідентичні простори, розташовані в просторі об'єктів. Деякі методи географічного аналізу властивостей розробляються і застосовуються давно, а завдання закріплюється в переносі їх в геоінформаційній середі, в розробці геологічних інформаційних технологій досліджень. До найрізноманітніших відносяться наступні технології. Класифікація об'єктів шляхом групи спільнот знаючих їх при-знаків для об'єднання в класах близьких величин або виявлення закономірностей у даних. Межеві класи визначають за характерним пунктом статистичні дані про їх розрізнення, перед попереднім ставленням гістограми — графіком, показуючи частоту значень атрибута. Класифікація застосовує автоматизацію виведених інтервалів шкалу географічних даних, при статистичних аналізах їх структур, при створенні те-математичних слоїв БД і карт, випускає графічні дані, визначені в базі даних — квіткові шкали, символи або діаграми. Просторові запити найчастіше виконуються в поєднанні з побудованими буферними районами, наприклад, для зонних територій за сту-

пенем небезпеки, або вирішення проблем оцінки нерухомості. Визначення місця розташування пропозицій та найкращого розміщення — типова задача ГІС-аналіз при здійсненні територіальних та дослідницьких робіт, для аналізу географічних факторів та вивчення їх відповідних питань. Ефективна здатність забезпечити оптимальне місцезнаходження — створити доповнювані «пригодні» або їх результати комбінації з використанням ГІС-технологій оверлея. Користувач інтерактивно управляє процесом, створюючи додаткові додатки, задаючи умови для приготування. Мережевий аналіз, який ставив особливість, що знаходиться в наступному часі у зв'язку із створенням багаточисельних муніципальних ГІС та застосуванням навігаційних систем. Він може переробити різні задачі на просторах мережеских зв'язкових лінійних об'єктів: дороги, мережі вулиць, річки, трубопроводи, мережі во-провідника, електричні та телефонні кабелі та інші. Назвіть з лінійних, які можуть співпадати з іншими в точку, називаючи «вузол». Класифікацію об'єктів за кількістю атрибутів. При виконанні класифікацій даних можна використовувати з стандартних методів, пропонуючи GIS-пакети, або видавати класи та діапазони класів вручну. У ArcGIS стандартні методи можна вибрати в діалоговому вікні властивості слою (Властивості шару) у вкладці Символи (Symbology). Достатньо вибрати схему класифікації та встановити кількість класів. Граничні значення (Break Values) можна переміщувати, вилкаючи швидко доступаючи до правої клавіші миші. Можливо вручну виділити і оновити значення границь класів на графіке (гістограмі). Такий метод заданих інтервалів (Defined Interval) дозволяє вказати розмір інтервалу, який буде використаний для визначення клавіатури класу з однаковим діапазоном значень. При класифікації об'єктів по їх атрибутивному функціонуванню застосовують п'ять стандартних методів класифікації. Метод технічних інтервалів (Natural Breaks) тоді Фішера – Дженкса, заснований на естетичній групування даних, яка досягає мінімізації дисперсії, показі класів і максимізації відмінних між класами. Цей зміст дозволяє вивіряти естетичні переломи в розрізнених показниках, які добре виглядають, наприклад, на насті-

льних магнітограмах, побудованих за результатами значень. Класифікація-метод методів естетичних інтервалів індивідуальна для конкретних даних і не підходить для порівняння декількох статичних рядів. Метод рівновеликих (рівноправних) класів –квантилей (Quantile). При використанні цього методу встановлюють число об'єктів, що відносяться до класу: кожен клас класу утримання однакового числа об'єктів. Тут не буває пустих класів, або класів, що містять занадто мале або занадто великої кількості значень. Така класифікація добре підтримує толь-ко для рівномірних розподілених даних.

### 3.3. Попередня обробка моделі поверхні

На першому кроці потрібно було визначити загальну просторову систему відліку. Це дуже важливо, тому що різні джерела даних базувалися на різних системах координат, і для досягнення узгоджених результатів нам потрібно мати всі дані для спільної системи. Вибрано проекцію UTM 34N, яка може бути використана в області дослідження, і програмне забезпечення пропонує метод перетворення з усіх вхідних проекцій, що використовуються у вихідних наборах даних. Поверхнева модель SRTM спочатку була в системі координат WGS84. Виходячи з негативного досвіду, виявленого в попередніх експериментах, пов'язаних із перетворенням растрових даних з WGS84 в метричну систему, було більш ефективним генерувати контурні лінії з вихідної поверхні SRTM і використовувати їх як джерело інформації про місцевість. Контури мали інтервали 10 м, що виявилось достатнім для планового просторового дозволу вихідних моделей. Контурні лінії трансформувались у UTM34N за допомогою ArcGIS, таким чином усуваючи несприятливі наслідки перепроєктування растрових даних (що призвело б до значних помилок у виведенні растрових даних ITMN). Первісна поверхня SRTM мала просторове дозвіл 90 м, що не дає можливості представити менші розміри штучні особливості. Це було додатковою причиною використання контурних ліній як основи для моделювання рельєфу, оскільки використання контурної схеми породжувало генерацію моделі з будь-якою роздільною здатністю.



Важливо пам'ятати, що ця місцевість «з більшою роздільною здатністю» не означає, що вона пропонує більш високу деталізацію, ніж вихідні дані SRTM, лише те, що менший розмір комірок дозволяє краще маніпулювати та редагувати, що потрібно в процесі моделювання. Поверхня була створена на відстані 20 м роздільна здатність, яка є достатньо детальною для включення більшості штучних особливостей і все ще не дає надто великого набору даних для загального набору. Одне додаткове вдосконалення для моделі поверхні полягало в тому, щоб генерувати водяну мережу, щоб уникнути неприродних поверхневих елементів. Ця потокова мережа була оцифрована вручну на основі морфологічних характеристик району та з використанням даних, знайдених у службі перегляду INSPIRE Hydrography (ANCPI2014) Романського національного агентства з кадастру та реєстрації земель. Річкова мережа використовувалась в інтерполяції поверхні як вхід до інструменту *Toro to Raster ArcGIS Spatial Analyst*, включаючи генеровані 10-метрові контурні лінії, в результаті чого модель висоти растрової висоти 20 м.

### 3.4. Моделювання елементів штучної поверхні

Найбільшою проблемою дослідження було знайти спосіб інтеграції моделей запланованих змін ландшафту в модель місцевості. Джерело цих особливостей було знайдено у файлах PDF, доступних у оцінці впливу на навколишнє середовище. Висота, населені пункти та мережа потоків у досліджуваній області

#### Моделювання та візуалізація впливів на ландшафт та ландшафт

З метою зменшення кількості кроків конверсійної версії координатна сітка на PDF-картах для визначення точок невідомих координат Stereo70, повторно відхиляла їх безпосередньо в UTM34N і використовувала ці орієнтири для розміщення файлів TIFF у правильному географічному положенні. Наступним кроком було створення 3D елементів з використанням інформації, знайденої на картах аркушів. На щастя, більшість необхідних функцій мали

значення висоти як мітки, а карта також містила контурні лінії з інтервалом 5–10 м. Елементи були згруповані в такі категорії, виходячи з їх функції та форми

- плоскі поверхні (вода, гірська тераса);
- накопичення матеріалу (відвали, дамби);
- видобуток (гірничі ями, кар'єри);

Моделювання поверхонь площі досягається створенням простих фігур багатокутника та надання їм значення висоти з карти. Щоб забезпечити безперешкодну інтеграцію штучних фігур у вихідну поверхню, деякі з цих полігонів повинні бути розширені за межі фактичної характеристики, яку вони представляють (наприклад, додавання буфера на 50–100 м до контуру водойми).

Менші греблі були змодельовані, створюючи гребінь як афлатовий багатокутник і дві "контурні лінії" біля основи з кожного боку, встановлюючи значення висоти полігону на висоту точки, де структура греблі відповідає початковій поверхні. Велика гребля, що утримує шламовий резервуар у долині Корна, планувалася будувати в кілька етапів, і кожен етап мав різний поперечний переріз, тож цю дамбу слід моделювати для кожного часового відрізка окремо. Резервуар мулу передбачив додаткове завдання, оскільки його поверхня планується похилою в різних напрямках, тому додаткові контурні лінії довелося також оцифровувати. Відходи сміття, що містять тверді відходи та залишки від видобутку, планується будувати поетапно, в результаті чого у сходових схилах та наплавних поверхнях у якості верхніх рівнів. Найефективнішим способом представлення цих форм у 3D було оцифрування плоских поверхонь сторін та верху з відповідними значеннями їх висоти та заповнення прогалів серед них простою тріангуляцією. Окрім описаних вище загальних особливостей, деякі Для моделювання також були потрібні форми менших розмірів, які могли б додати деталі, які не можна було б змалювати за допомогою загальних методів. До таких особливостей можна віднести стіни або хребти, що розділяють шахтні ями, які необхідні для підви-

щення точності моделі та результатів розрахунків площі та об'єму. Вони були оцифровані як тривимірні лінії, де кожна вершина матиме своє конкретне значення висоти на основі контурних ліній, які вона перетинає на карті. Для забезпечення безперебійної інтеграції цих компонентів поверхні в початковій місцевості навколо модельованих особливостей була створена 3D-крайова лінія, яка могла б отримати висоту вершин від вихідної моделі поверхні. Отримані в результаті складові поверхні зберігаються як індивідуальні моделі TIN, що охоплюють лише площу на які впливає кожна функція, за винятком випадків, коли конкретний випадок вимагає використання більш широкого покриття для кращої інтеграції. Ці випадки були дамами та різними водоймами, де використання більшої площі дозволяє уникнути виникнення прогалин між штучною особливістю та початковою поверхнею рельєфу.

В результаті було отримано наступний скрипт для генерації ландшафту місцевості:

```
"Generate terrain"
import random
import math
import bpy
#задаємо константи-параметри для генерації місцевості
SIZE = 1000.0
SUBDIVS = SIZE / 10
bpy.ops.object.delete(use_global=False)

#генеруємо плоский меш розділений на задану кількість полігонів та
деформуємо його за допомогою рандомізованої функції
bpy.ops.mesh.primitive_grid_add(x_subdivisions=SUBDIVS,
y_subdivisions=SUBDIVS, \
    size=SIZE, enter_editmode=True, location=(0, 0, 0))

def randomize_mesh(max_amount, size, percent):
    bpy.ops.mesh.select_all(action='DESELECT')
    bpy.ops.mesh.select_random(percent=percent, seed=random.randint(0,
10000))
    amount = random.randint(math.floor(max_amount / 2),
math.floor(max_amount))
```

```

bpy.ops.transform.translate(value=(0, 0, amount), orient_type='GLOBAL', \
    orient_matrix=((1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)),
orient_matrix_type='GLOBAL',\
    constraint_axis=(False, False, True), mirror=True,
use_proportional_edit=True,\
    proportional_edit_falloff='SMOOTH', proportional_size=size,\
    use_proportional_connected=False, use_proportional_projected=False)

randomize_mesh(25, 130, 1)
randomize_mesh(30, 100, 0.1)
randomize_mesh(10, 200, 0.05)
randomize_mesh(60, 50, 0.005)
randomize_mesh(120, 300, 0.005)

#Переключаємо режим обробки та зглажуємо меш
bpy.ops.object.editmode_toggle()
bpy.ops.object.shade_smooth()

```

Результуючий скрипт здатний генерувати рандомізовані поверхні використовуючи вхідні параметри, подібні до зображення на рис. 3.1.

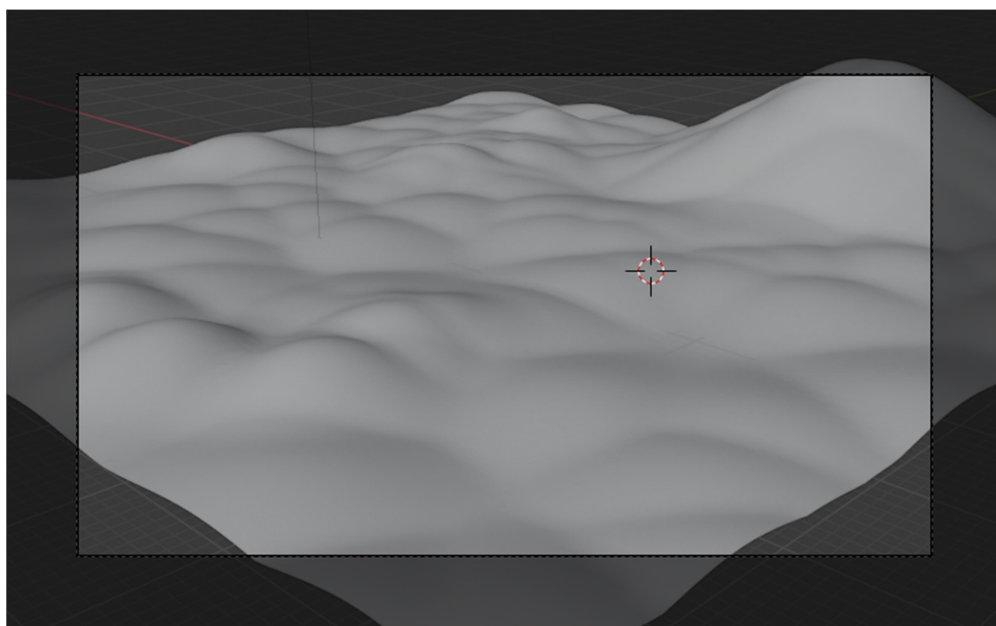


Рисунок 3.1. Приклад згенерованої місцевості

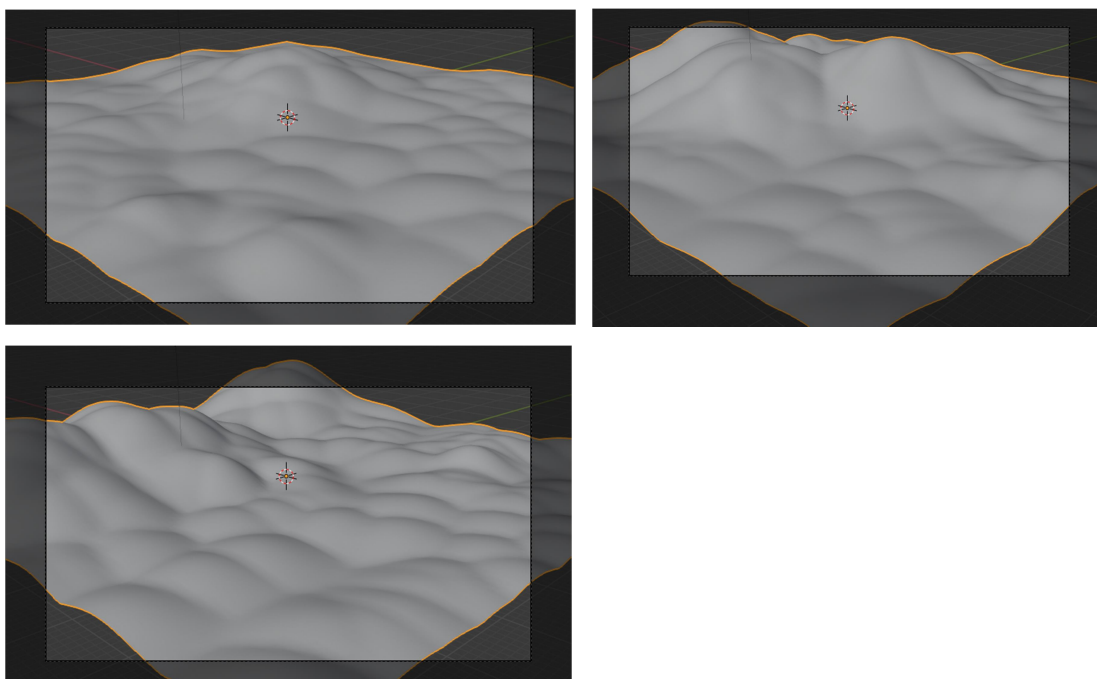


Рисунок 3.2. Приклади згенерованої місцевості

Якщо вибрати режим рендеру «меш», то можна побачити меш результуючої поверхні.

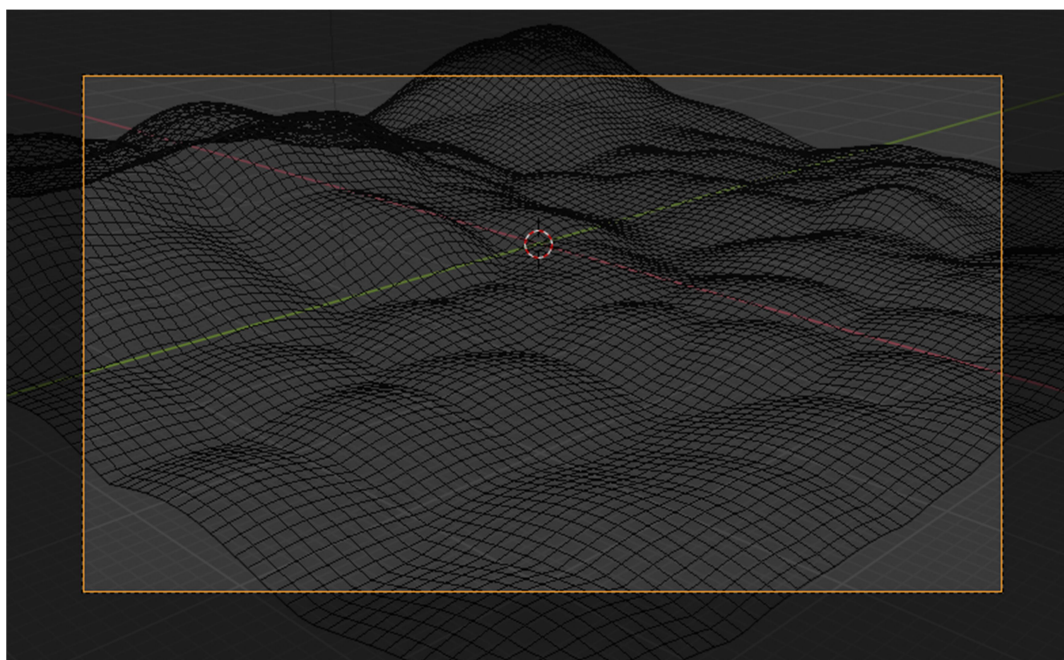


Рисунок 3.3. Меш згенерованої місцевості

### 3.5. Інтеграція компонентів місцевості.

Після моделювання базового ландшафту місцевості, алгоритм генерує та розміщує набір рандомізованих геометричних примітивів на поверхні. Для цього обираються точки місцевості з урахуванням вже розміщених об'єктів та розміру самого ландшафту.

Наступний скрипт відповідає за генерацію та розташування об'єктів на місцевості:

```
import bpy
import bmesh
import random
#функції обчислення розміру та куту розміщення
def get_random_size():
    return random.randint(1, 10)
def get_random_angle():
    return random.randint(0, 15) / 10
#функція виборі об'єкту для генерування
def duplicate():
    shapesObjects = bpy.data.collections['Shapes'].objects
    index = random.randint(0, len(shapesObjects) - 1)
    shape = shapesObjects[index]
    shape.select_set(state=True)
```

Після вибору об'єкта створюємо його за допомогою бібліотеки `bpy.ops.object`:

```
bpy.ops.object.duplicate_move_linked(OBJECT_OT_duplicate={"linked":True,
"mode":'TRANSLATION'},\
    TRANSFORM_OT_translate={"value":(0, 0, 0), "orient_type":'GLOBAL',\
    "orient_matrix":((0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0)),
"orient_matrix_type":'GLOBAL',\
    "constraint_axis":(False, False, False), "mirror":False,
"use_proportional_edit":False,\
    "proportional_edit_falloff":'SMOOTH', "proportional_size":1,
"use_proportional_connected":False,\
    "use_proportional_projected":False, "snap":False,
"snap_target":'CLOSEST', "snap_point":(0, 0, 0),\
```



```

        "snap_align":False, "snap_normal":(0, 0, 0), "gpencil_strokes":False,
        "cursor_transform":False,\
        "texture_space":False, "remove_on_cancel":False,
        "release_confirm":False, "use_accurate":False})
    newObject = bpy.context.selected_objects[0]
    bpy.data.collections['Terrain'].objects.link(newObject)
    bpy.data.collections['Shapes'].objects.unlink(newObject)

```

Після генерації об'єкту повертаємо його на рандомізований кут за допомогою стандартної бібліотеки `bpy.ops.transform.rotate`:

```

def random_rotate():
    bpy.ops.transform.rotate(value=get_random_angle(), orient_axis='Z',
    orient_type='VIEW', orient_matrix=((-1, 0, 0), (0, 1.34359e-07, -1), (0, 1, 1.34359e-07)), orient_matrix_type='VIEW', mirror=True, use_proportional_edit=False,
    proportional_edit_falloff='SMOOTH', proportional_size=1,
    use_proportional_connected=False, use_proportional_projected=False)
    bpy.ops.transform.rotate(value=get_random_angle(), orient_axis='X',
    orient_type='VIEW', orient_matrix=((-1, 0, 0), (0, 1.34359e-07, -1), (0, 1, 1.34359e-07)), orient_matrix_type='VIEW', mirror=True, use_proportional_edit=False,
    proportional_edit_falloff='SMOOTH', proportional_size=1,
    use_proportional_connected=False, use_proportional_projected=False)
    bpy.ops.transform.rotate(value=get_random_angle(), orient_axis='Y',
    orient_type='VIEW', orient_matrix=((-1, 0, 0), (0, 1.34359e-07, -1), (0, 1, 1.34359e-07)), orient_matrix_type='VIEW', mirror=True, use_proportional_edit=False,
    proportional_edit_falloff='SMOOTH', proportional_size=1,
    use_proportional_connected=False, use_proportional_projected=False)

```

Аналогічно зсуваємо його на рандомізовану відстань:

```

def move(coords):
    bpy.ops.transform.translate(value=(coords.x, coords.y, coords.z),
    orient_type='GLOBAL',\
        orient_matrix=((1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)),
    orient_matrix_type='GLOBAL',\
        mirror=True, use_proportional_edit=False,
    proportional_edit_falloff='SMOOTH',\
        proportional_size=1, use_proportional_connected=False,
    use_proportional_projected=False)
def random_scale():

```

```

    bpy.ops.transform.resize(value=(get_random_size(), get_random_size(),
get_random_size()), orient_type='GLOBAL',\
    orient_matrix=((1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)), orient_matrix_type='GLOBAL',\
    mirror=True, use_proportional_edit=False,
proportional_edit_falloff='SMOOTH',\
    proportional_size=1, use_proportional_connected=False,
use_proportional_projected=False)

```

```

depsgraph = bpy.context.evaluated_depsgraph_get()
grid = bpy.data.objects['Grid']
bm = bmesh.new()
bm.from_object(grid, depsgraph)
bm.verts.ensure_lookup_table()

```

Цикл для автоматичного створення об'єктів викликає описані вище функції в заданій кількості

```

for i in range(0, 100):
    duplicate()
    index = random.randint(0, len(bm.verts) - 1);
    coords = bm.verts[index].co
    move(coords)
    random_scale()
    random_rotate()
    bpy.ops.object.select_all(action='DESELECT')

bm.free()

```

В результаті роботи скрипта можна генерувати рандомізовані ландшафти подібні до зображеного на рис. 3.4.



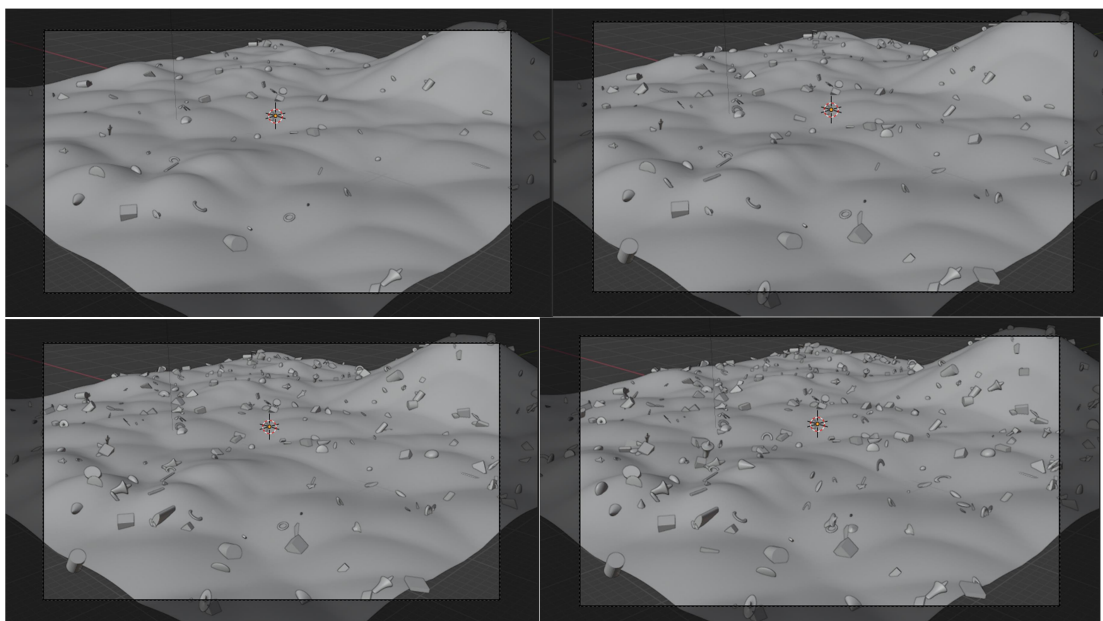


Рисунок 3.4. Процес генерації компонентів місцевості

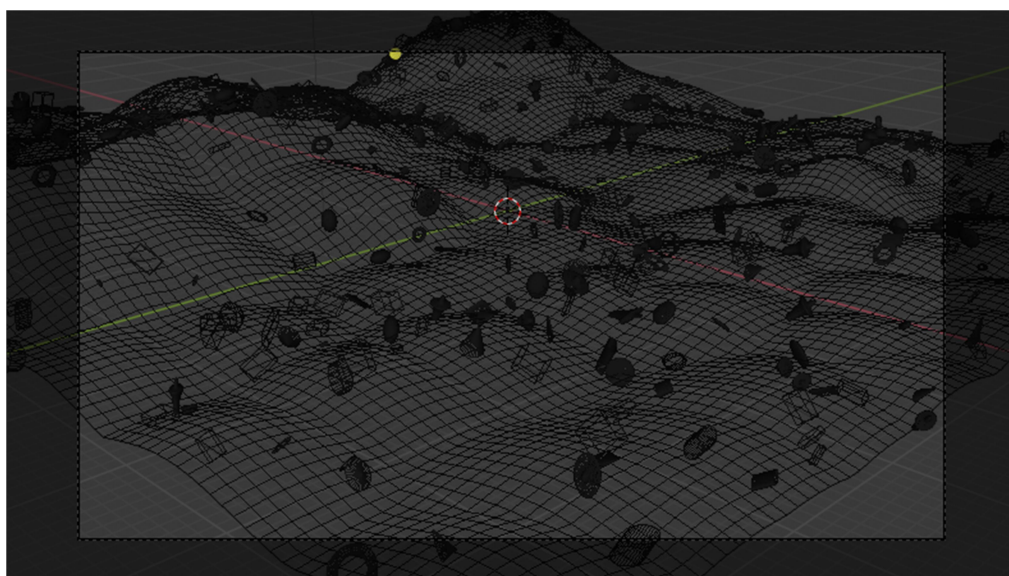


Рисунок 3.5. Меш згенерованої місцевості

Для більш наглядного відображення можна відрендерити зображення з освітленням за допомогою двигуна Cycles. Результат рендеру зображений на рис. 3.6.

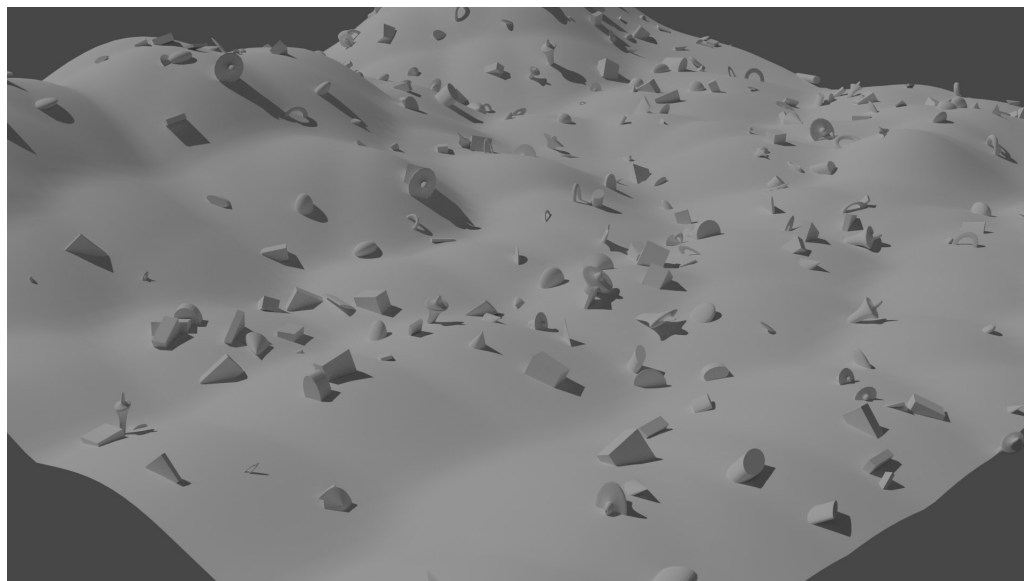


Рисунок 3.6. Рендер результату генерації

Після того, як поверхні компонентів були готові, вони були з'єднані між собою та об'єднані у вихідну поверхню. У цей момент потрібно було зробити вибір між створенням повністю вектора або вихідної поверхні растру. Обидва рішення мають свої плюси і мінуси, деякі з яких перераховані в Таблиці 1. На основі кінцевих вимог виводу та просторового дозволу доступних наборів даних вхідного рішення було вирішено використовувати растрові поверхні в процесі інтеграції. Це дозволило краще контролювати взаємозв'язок між частковими поверхнями та моделлю рельєфу місцевості, а також між окремими компонентами. Процес інтеграції передбачав логічні операції растрової мозаїки, засновані на тому, що компонент представляє особливості над початковою поверхнею або нижче. Форми, які перетиналися одна з одною, також повинні були бути враховані в обліку, щоб переконатися, що кожна з них мозаїчно прописана.

#### Висновки по розділу

В цьому розділі розглянуто методи та дані дослідження, було розглянуто відомості про геоінформатику, поняття просторованого аналізу та етапи створення програмного модуля. Створений модуль дозволяє процедурно генерувати 3D ландшафт місцевості за заданими вхідними параметрами.

## РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

### 4.1. Опис ідеї проекту

Результати даного дослідження можна використати для створення системи навчання мобільних пошукових роботів на комерційній основі.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

| Зміст ідеї                                   | Напрямки застосування                           | Вигоди для користувача  |
|--|---|---|
| Система навчання мобільних пошукових роботів | 1. Навчання для проведення рятувальних операцій | 1. Зменшення витрат часу та грошей на створення середовища для навчання |
|  | 2. Симуляція проведення рятувальних робіт       | 2. Можливість легко та стабільно повторювати експерименти для навчання  |

Таблиця 4.2. Опис ідеї стартап-проекту

| № | Техніко-економічні характеристики ідеї | Продукція конкурентів |                    |                       | W | N | S |
|---|--|-----------------------|--------------------|-----------------------|---|---|---|
|   |  | Мій проект            | Реальне середовище | Мануальне моделювання |   |   |   |
| 1 | Ефективність                           | висока                | висока             | низька                |   |   | + |
| 2 | Функціональність                       | висока                | висока             | висока                |   | + |   |
| 3 | Вартість                               | безкоштовна           | висока             | висока                |   |   | + |
| 5 | Простота у використанні                | середня               | середня            | складна               |   | + |   |
| 6 | Безпечність                            | висока                | середня            | висока                |   |   | + |
| 7 | Задоволеність покупця                  | висока                | середня            | низька                |   |   | + |

У порівнянні із головними конкурентами програмне рішення має ряд переваг – ефективність, вартість, безпечність та задоволеність користувача.

#### 4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

| №   | Ідея проекту              | Технології її реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
|---|---------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| 1   | Моделювання 3D середовища | Blender                  | Наявні               | Доступні               |
| 2   | Симуляція 3D середовища   | Unity 3D                 | Наявні               | Доступні               |
| <i>Обрана технологія реалізації ідеї проекту: 1</i> |                           |                          |                      |                        |

Висновок: технологічна реалізація продукту – можлива, вибрана технологія №1

#### 4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку

| № | Показники стану ринку                                 | Характеристика |
|---|---|----------------|
| 1 | Кількість головних гравців, од                        | 3              |
| 2 | Загальний обсяг продаж, грн./ум.од                    | 24000000       |
| 3 | Динаміка ринку  | Зростає        |
| 4 | Наявність обмежень для входу                          | Відсутні       |
| 5 | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації   | Відсутні       |
| 6 | Середня норма рентабельності в галузі або по ринку, % | 45%            |

Висновок: враховуючи кількість головних гравців по ринку, зростаючу динаміку ринку, невелику кількість конкурентів та середню норму рентабельності можна зробити висновок, що на даний момент, ринок для входження стартап-продукту є привабливим.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

| № | Потреба, що формує ринок                        | Цільова аудиторія   | Відмінності у поведінці цільових груп клієнтів                           | Вимоги споживачів до товару  |
|---|---|---|--|--|
| 1 | Безпечне та ефективне моделювання 3D місцевості | 1. Власники мобільних пошукових робіт<br>2. Розробники ПЗ для мобільних пошукових робіт | Використання розроблюваного ПЗ у різних цілях – купівля, продаж, реклама | 1. Висока безпека системи.<br>2. Повна автоматизація процесу.<br>3. Швидкодія<br>4. Задоволеність результатами |

Таблиця 4.6. Фактори загроз

| № | Фактор                                  | Зміст загрози  | Можлива реакція компанії  |
|---|---|--|---|
| 1 | Конкуренти                              | Наявність конкурентів котрі надають схожі рішення                                      | Зменшення ціни на поставлену послугу;<br>Розробка унікальних характеристик товару;<br>Надання ліцензій на обслуговування  |
| 2 | Кошти на розробку та підтримку продукту | Закінчення грошей та недостатнє фінансування   | Залучення додаткових інвесторів, мотивація роботи на перспективу;<br>Ітеративна розробка продукту задля покрокового виведення продукту на ринок та отримання відповіді користувачів |
| 3 | Вихід аналогу                           | Вихід аналогу даного товару може призвести до знецінення та безідейності даного товару | Вихід товару на ринок в коротші строки з не повною, але достатньою, функціональністю для зацікавлення усіх цільових аудиторій;<br>Проведення рекламної компанії                     |

Таблиця 4.7. Фактори можливостей

| № | Фактор                             | Зміст можливості   | Можлива реакція компанії   |
|---|------------------------------------|--|--|
| 1 | Новий продукт                      | Вихід на ринок,<br>Зменшення монополії,<br>Надання нових рішень у сфері  | Розробка нової функціональності;<br>Вихід нової продукції на ринок;<br>Надання різноманітних типів ліцензій в залежності від потреб користувача \ замовника.   |
| 2 | Вихід аналогу                      | Надати продукт з певними характеристиками та можливостями що відсутні у компаній конкурентів   | Аналіз ринку та користувачів задля задоволення їх потреб та надання функціональності у найкоротші строки за ціну, котра є дешевшою ніж у продуктів-замінників. |
| 3 | Зворотній зв'язок від користувачів | Можливість отримання необхідної інформації для вдосконалення продукту  | Наявність вхідних даних та реакція на них з боку команди розробників задля задоволення потреб та бажань кінцевих користувачів системи кешування даних.         |
| 4 | Грошова винагорода за рекламу      | При достатньому попиту на систему кешування даних можлива комерціалізація продукту на основі реклами задля отримання грошової винагороди для подальшого розвитку продукту та оплати заробітної плати працівникам | Точкова комерціалізація продукту;<br>Введення реклами;<br>Ведення додаткових коштів у проект задля його подальшого розвитку.                                   |

Таблиця 4.9. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

| № | Особливості конкурентного середовища               | В чому проявляється дана характеристика   | Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)                           |
|---|--|---|--|
| 1 | Тип конкуренції: монополістична                    | Товар від кожної компанії на ринку, являється недосконалим замінником товару, реалізованого іншими фірмами;<br>На ринку є умови для входу та виходу;<br>Ціна корелює між суперниками; | Розробка продукту з характеристиками, які покривають сфери вживання що не покривають інші товари-замінники;      |
| 2 | Рівень конкурентної боротьби: світовий             | Всі продукти замінники розроблялись інтернаціональними командами з різних куточків світу  | Вихід на ринок збуту продукту з клієнто-необхідною функціональністю;<br>Налагодження маркетингу на основних      |
| 3 | Галузева ознака: внутрішньогалузева                | Даний тип продукту може використовуватися тільки у сфері розробки ІТ додатків \ продуктів   | Надання зручного, інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу;   |
| 4 | Конкуренція за видами товарів: товарно-видова      | Дана конкуренція – конкуренція між товарами одного виду.  | Впровадження функціональності яка відсутня у товарів-замінників;<br>Спрощення інтерфейсів;<br>Надання підтримки. |
| 5 | Характер конкурентних переваг: цінова та не цінова | Цінові переваги – точкова комерціалізація;<br>Не цінова – надання функціональності, що відсутня у товарах-замінниках.   | Надання платних ліцензій лише на критично важливу функціональність для клієнта з певним строком підтримки        |
| 6 | За інтенсивністю: марочна                          | Наявність унікального знаку що відрізняє даний продукт від продуктів-замінників   | Впровадження власної назви та власного знаку.  |

Таблиця 4.10. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

| Складові аналізу | Прямі конкуренти в галузі   | Потенційні конкуренти  | Постачальники   | Клієнти  | Товаризамінники  |
|------------------|---|--|---|--|--|
|                  | Моделювання в реальному середовищі, мануальне моделювання   | Середні бар'єри входження на ринок   | Розробники ПЗ   | Рівень чутливості до цін, продуктова диференціація: якість, спосіб отримання продукту, швидкість роботи з системою   | Моделювання в реальному середовищі, мануальне моделювання  |
| Висновки         | CR4 = 70% Індекс ХерфіндалаХіршмана (HHI) = 58783значення показників вказує на високу концентрацію (монополізацію) даного ринку | Можливості виходу на ринок середні, потенційні конкуренти на даний момент відсутні | Самостійно встановлюють ціни на рекламу, що призводить до великого впливу даного учаснику ринку | Клієнти диктують умови гнучкості цінової політики, високої і довгострокової якості підтримки продукту та наявність кооперації із сервісами та продуктами суміжних компаній, що вони використовують | Пропонування вигідних умов, забезпечення захисту інтелектуальної власності, гнучкість цінової політики |

Проаналізувавши можливості роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію можна зробити висновок: оскільки кожний з існуючих продуктів не впливає у великій мірі на поточну ситуацію на ринку в цілому, кожний з існуючих продуктів має свою специфічну сферу використання та свої позитивні та негативні сторони щодо рішення певних типів задач, то робота та вихід на даний ринок є можливою і реалізованою задачею.

Для виходу на ринок продукт повинен мати функціонал що відсутній у продуктів-аналогів, повинен задовольняти потреби користувачів, мати необхідний та достатній функціонал з конфігурування, підтримку зі сторони розробників та можливість розробки спеціального функціоналу за відповідною ліцензією.



Таблиця 4.11. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| № | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування   |
|---|-------------------------------|---|
| 1 | Унікальність системи          | Система забезпечує високу ефективність та безпечність в період роботи користувача з нею   |
| 2 | Функціональність              | Висока функціональність, яка дозволить потенційному користувачу виконати всі необхідні завдання у мінімальний проміжок часу   |
| 3 | Цінова політика               | Отримання прибутку здійснюється за рахунок користувачів або отримання відсотків з їх прибутку. Даний підхід дозволить обійти цінову конкуренцію на ринку цільової аудиторії |

Отримання прибутку здійснюється за рахунок користувачів або отримання відсотків з їх прибутку. Даний підхід дозволить обійти цінову конкуренцію на ринку цільової аудиторії.

Таблиця 4.12. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

| № | Фактор конкурентоспроможності | Бали 1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з запропонованим |    |    |   |    |    |    |
|---|-------------------------------|-----------|---|----|----|---|----|----|----|
|   |                               |           | -3  | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1 | Унікальність системи          |           |   |    |    |   |    |    | +  |
| 2 | Функціональність              |           |   |    |    |   |    |    | +  |
| 3 | Цінова політика               |           |   |    |    |   | +  |    |    |

Висновки: спираючись на фактори конкурентоспроможності та підсумовуючи рейтинг товару відносно головного конкурента, запропонований про-

дукт має більший рейтинг відносно прямих конкурентів. Дана таблиця показує якими саме особливостями розроблений продукт відрізняється від аналогів та в яку саме сторону.

Таблиця 4.13. SWOT аналіз стартап-проекту

|   |  |
|---|--|
| <p>Сильні сторони (S):</p> <p>Ефективність</p> <p>Задоволеність користувача</p> <p>Безпечність</p> <p>Висока функціональність</p> | <p>Слабкі сторони (W):</p> <p>Недостача стартових капіталовкладень</p> <p>Бізнес модель залежить від політики окремих бізнесів</p> |
| <p>Можливості (O):</p> <p>Інвестиції</p> <p>Реалізація бізнес-моделей</p> <p>Висока зацікавленість цільової аудиторії</p>         | <p>Загрози (T):</p> <p>Крадіжка інтелектуальної власності</p> <p>Відмова суміжних компаній у співпраці</p>                         |

Таблиця 4.14. Альтернативи ринкового впровадження

| № | Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки                        | Ймовірність отримання ресурсів                 | Строки реалізації |
|---|---|--|-------------------|
| 1 | Безкоштовне надання певного функціоналу у користування споживачам на обмежений термін | Головний ресурс – люди, даний ресурс — наявний | 2-3 місяці        |
| 2 | Реклама   | Залучення власних коштів для реклами товару    | 1-2 місяці        |
| 3 | Написання статей та опис товару на відомих ресурсах                                   | Головний ресурс – час, даний ресурс — наявний  | 2-3 тижні         |
| 4 | Презентація товару на хакатонах й інших ІТ заходах                                    | Ресурс – час та гроші для участі, наявні       | 1-3 місяці        |

## 4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 4.15. Вибір цільових груп потенційних споживачів

| №   | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|---|--|---|---|--------------------------------------|--------------------------|
| 1   | Власники бізнесу                                 | Середня                                 | Середній  | Висока                               | Середня                  |
| 2   | Розробники ПЗ для мобільних роботів              | Висока                                  | Високий   | Низька                               | Висока                   |
| 3   | Розробники мобільних пошукових роботів           | Висока                                  | Високий   | Низька                               | Середня                  |
| Які цільові групи обрано: розробники ПЗ для мобільних роботів, розробники мобільних пошукових роботів |  |   |   |                                      |                          |

Відповідно до проведеного аналізу можна зробити висновок, що підходящою цільовою групою для розповсюдження даного програмного продукту є працівники ІТ сфери, ІТ компанії в цілому та будь-які підприємства котрі використовують програмні продукти побудовані на мові програмування Python. Відповідно до стратегії охоплення ринку збуту товару обрано стратегію масового маркетингу, оскільки для підприємств, ІТ працівників та ІТ компаній у цілому надається стандартизований продукт з можливістю розширення функціональності за домовленістю (відповідно до ліцензії).

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії розвитку

| Обрана альтернатива розвитку проекту  | Стратегія охоплення ринку   | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи   | Базова стратегія розвитку |
|---|---|--|---------------------------|
| Надання функціональності що відсутня у товарів-замінників, підтримка клієнтів | Проведення реклами, освітлення унікальної функціональності через інтернет ресурси та інші канали, контакт на пряму з споживачами; | Зниження ступеню замінності товару;<br>Прихильність клієнтів;<br>Відмітні властивості товару;<br>Відмітні характеристики товару; | Стратегія диференціації   |

Таблиця 4.17. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

| Чи є проект «першопрохідцем» на ринку   | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?  | Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, які?  | Стратегія конкурентної поведінки    |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Ні, оскільки є товари-замінники, але дані товари замінники не мають деякого необхідного функціоналу | Так, ціль компанії знайти нових споживачів та, частково, забрати існуючих у конкурентів задля задоволення потреб останніх | Компанія частково копіює характеристики товару конкурента, основна ціль компанії розробка нового унікального функціоналу | Стратегія заняття конкурентної ніші |

Таблиця 4.18. Визначення стратегії позиціонування

| № | Вимоги до товару цільової аудиторії | Базова стратегія розвитку | Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію |
|---|-------------------------------------|---------------------------|--|--|
| 1 | Високі показники ефективності       | Стратегія диференціації   | Формування регулярного попиту                                | Захист авторського права                                 |

Відповідно до проведеного аналізу можна зробити висновок, що стартап-компанія вибирає як базову стратегію розвитку – стратегію диференціації,

як базову стратегію конкурентної поведінки – стратегію заняття конкурентної ніші.

#### 4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.19. Визначення ключових переваг концепції товару

| № | Потреба                       | Вигода, яку пропонує товар   | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити) |
|---|-------------------------------|--|--|
| 1 | Високі показники ефективності | Підвищення показників продуктивності за допомогою використання системи | Якість продукту<br>Інноваційність підходу<br>Цінова перевага                 |
| 2 | Легкість інтеграції           | Розробка можливості швидкого використання системи                      | Інноваційність підходу<br>Простота реалізації                                |

Таблиця 4.20. Опис трьох рівнів моделі товару

| Рівні товару   | Сутність та складові  |      |               |
|--|---|------|---------------|
| 1. Товар за задумом  | Система генерування моделі місцевості для мобільних пошукових робіт   |      |               |
| 2. Товар у реальному виконанні   | Властивості/характеристики  | М/Нм | Вр/Тх/Тл/Е/Ор |
|  | 1. Комплексні метрики ефективності  | М    | Е             |
|  | Якість: стандарти, рівень оптимізації написаного коду, коректність використаних технологій, звіти з тестування програмного забезпечення |      |               |
|  | User Manual   |      |               |
| 3. Товар із підкріпленням  | До продажу: наявна повна документація, акції на придбання декількох ліцензій, знижки для певних сегментів на покупку товару             |      |               |
|  | Після продажу: додаткова підтримка спеціалістів налаштування, підтримка з боку розробника   |      |               |
| За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності, патент |   |      |               |

Таблиця 4.21. Визначення меж встановлення ціни

| Рівень цін на товари-замінники | Рівень цін на товари-аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Межі встановлення ціни на товар/послугу |
|--------------------------------|------------------------------|--|---|
| -                              | \$ 1500                      | \$ 2000-5000                             | \$1000 /10000                           |

Таблиця 4.22. Формування системи збуту

| Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару  | Глибина каналу збуту | Оптимальна система збуту                               |
|---|--|----------------------|--|
| Закупівля здійснюється через довірені джерела       | Інформування користувачів Доступ користування сервісом | Канал одного рівня   | Селектив на з використанням комбінованого каналу збуту |

Таблиця 4.23. Концепція маркетингових комунікацій

| № | Специфіка поведінки цільових клієнтів          | Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти | Ключові позиції, обрані для позиціонування   | Завдання рекламного повідомлення                                      | Концепція рекламного звернення    |
|---|--|--|--|---|-----------------------------------|
| 1 | Ведення бізнесу Менеджмент Розробка ПЗ для МПР | Прямі, не-офіційні                                     | Послідовність в реалізації обраної позиції Доступність та об'єктивність інформації про фірму і товар | Формування у цільової аудиторії обізнаності про появу нового продукту | Рационалістична стратегія реклами |

Як результат було створено ринкову (маркетингову) програму, що включає в себе визначення ключових переваг концепції потенційного товару, опис моделі товару, визначення меж встановлення ціни.

#### Висновки по розділу

В четвертому розділі описано стратегії та підходи з розроблення стартап-проекту, визначено наявність попиту, динаміку та рентабельність роботи ринку, як висновок було вказано що існує можливість ринкової комерціалізації проекту. Розглянувши потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможність проекту було встановлено що проект є перспективним. Розглянуто та вибрано альтернативу впровадження стартап-проекту та доведено доцільність подальшої імплементації проекту.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі проаналізовано існуючі системи моделювання та симуляції 3D місцевості, виявлено їх переваги та недоліки.

У подальшому будуть розглянуті технології та стандарти моделювання сцен місцевості для пошукових роботів та сформульовано рекомендації для покращення безпеки при їх використанні.

Буде розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення, що дозволить навчати пошукові роботів ідентифікувати потенційно небезпечні об'єкти на складних ландшафтах місцевості.

Це дозволить суттєво знизити витрати для моделювання місцевості, що використовується для навчання мобільних пошукових роботів та прискорити цей процес.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пошукові роботи [Електронний ресурс]: веб-сторінка онлайн довідника Вікіпедія. Режим доступу — [https://en.wikipedia.org/wiki/Rescue\\_robot](https://en.wikipedia.org/wiki/Rescue_robot).
2. GIS [Електронний ресурс]: веб-сторінка онлайн довідника Вікіпедія. Режим доступу — [https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_information\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system).
3. Проект TRADR [Електронний ресурс]. Режим доступу — <http://www.tradr-project.eu/>.
4. Robots to the Rescue St. Petersburg Times Online — Florida
5. Anthes, Gary. “Robots Gear Up for Disaster Response.” Communications of the ACM (2010): 15, 16. Web. 10 Oct. 2012
6. In the Aftermath of September 11 What Roboticists Learned from the Search and Rescue Efforts A AAAI press release.
7. Murphy, Robin, “National Science Foundation Summer Field Institute for Rescue Robots for Research And Response (R4)”. AI Magazine 25.2 (2004):133-136. Web. 10 October. 2012
8. Piore, Adam. “Lesson Learned: A Better Rescue Bot.” Discover 32.8 (2011): 14.Web. 10 October. 2012.



## ДОДАТКИ

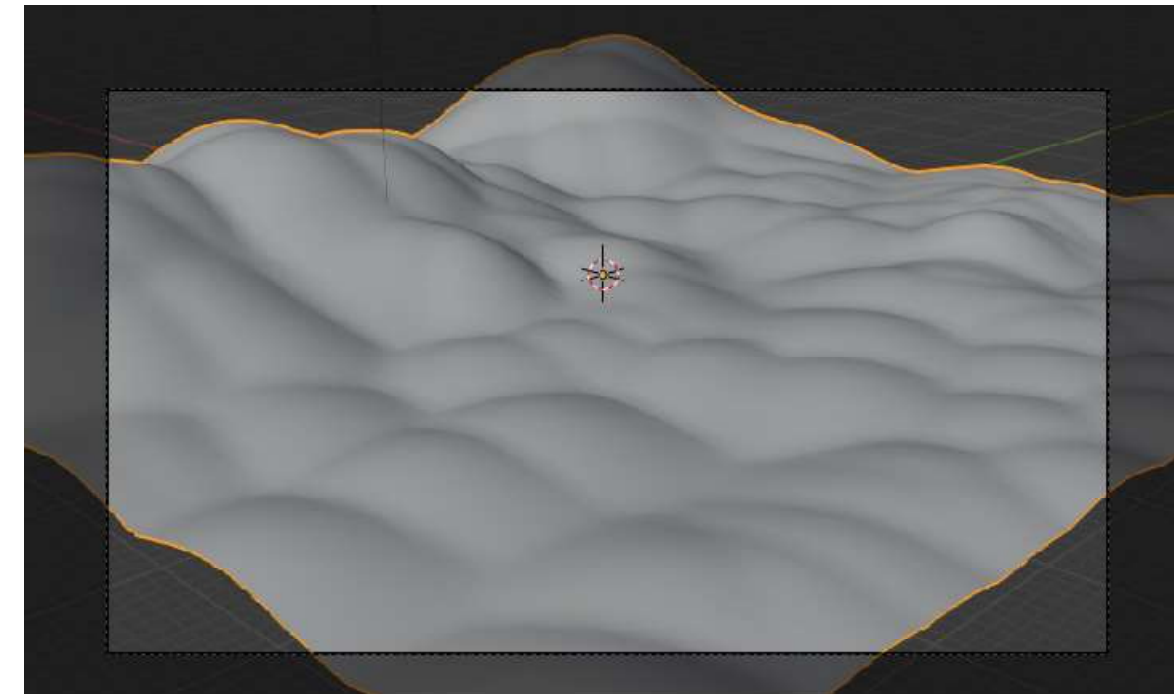
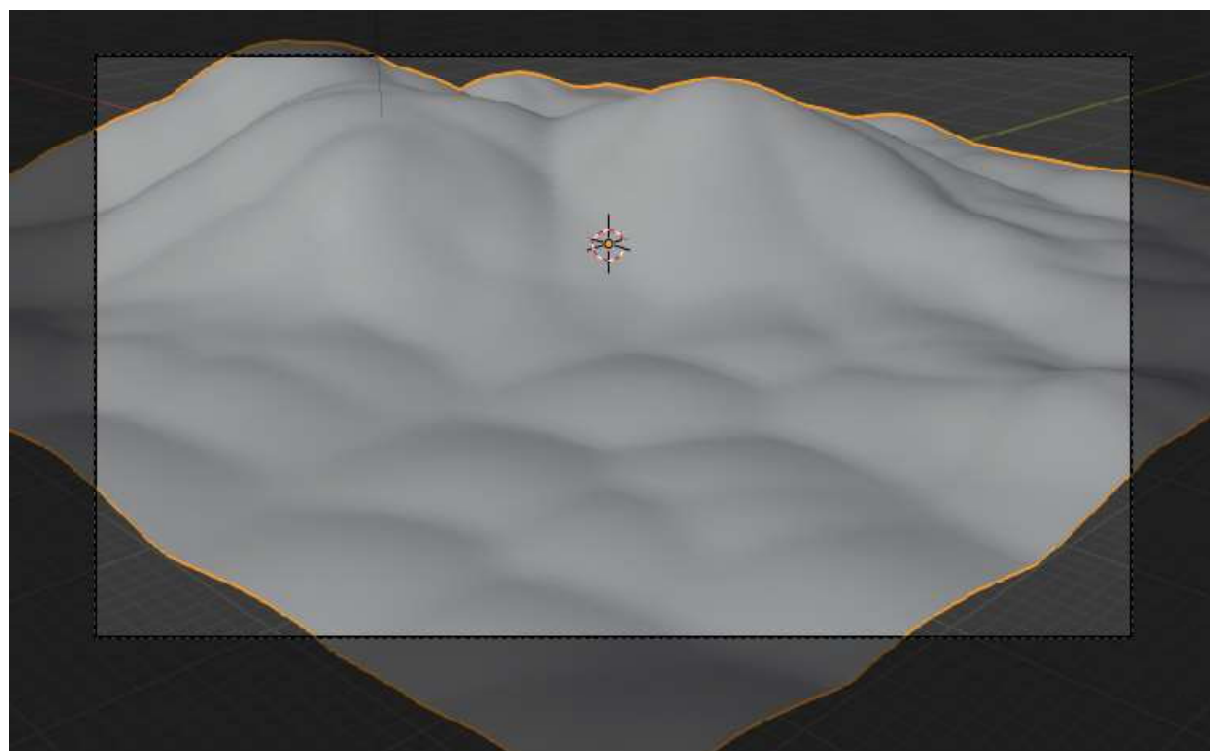
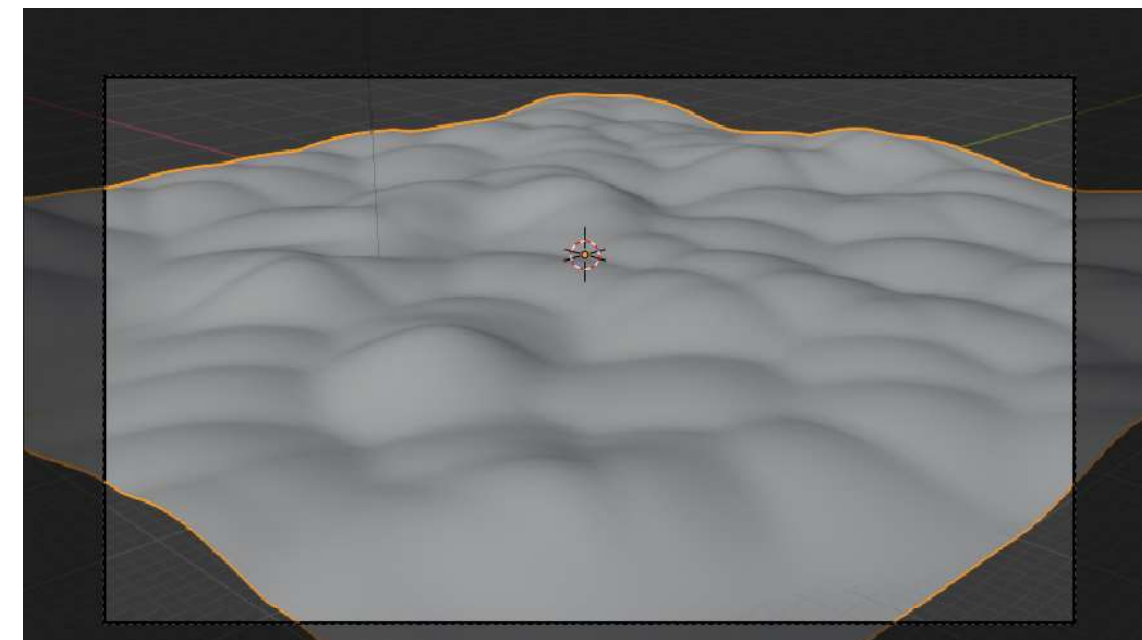
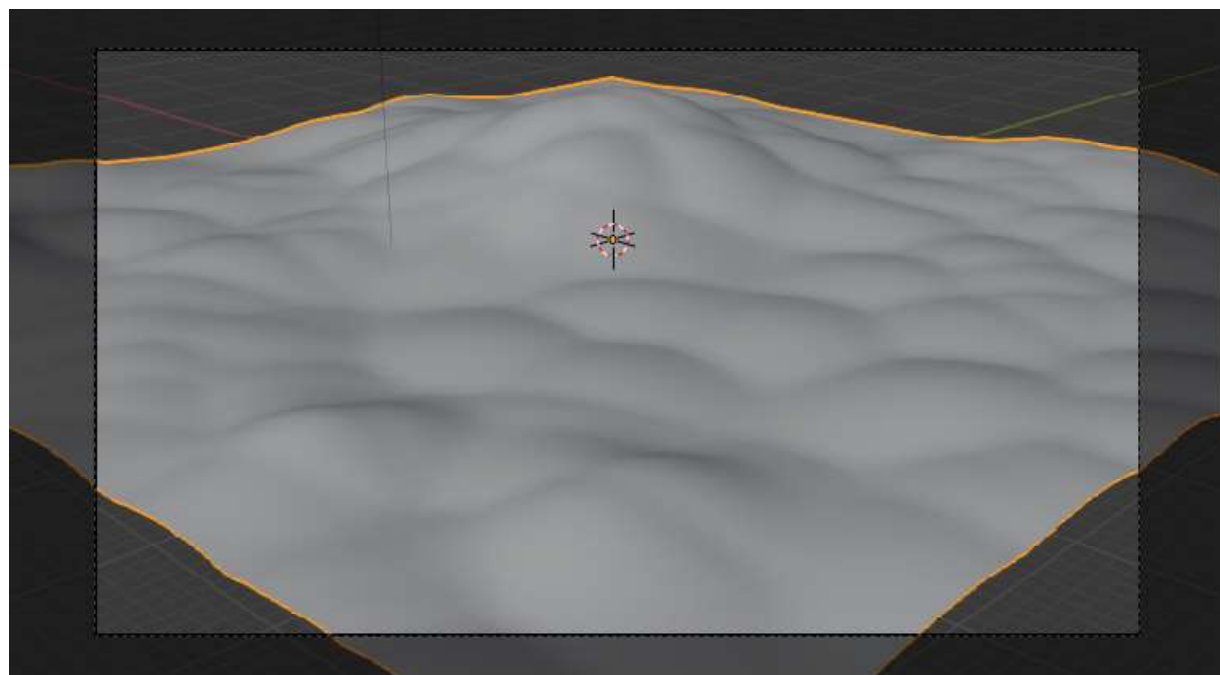
## ДОДАТОК А

### Графічні матеріали

## ДОДАТОК Б

### Результати перевірки на співпадіння

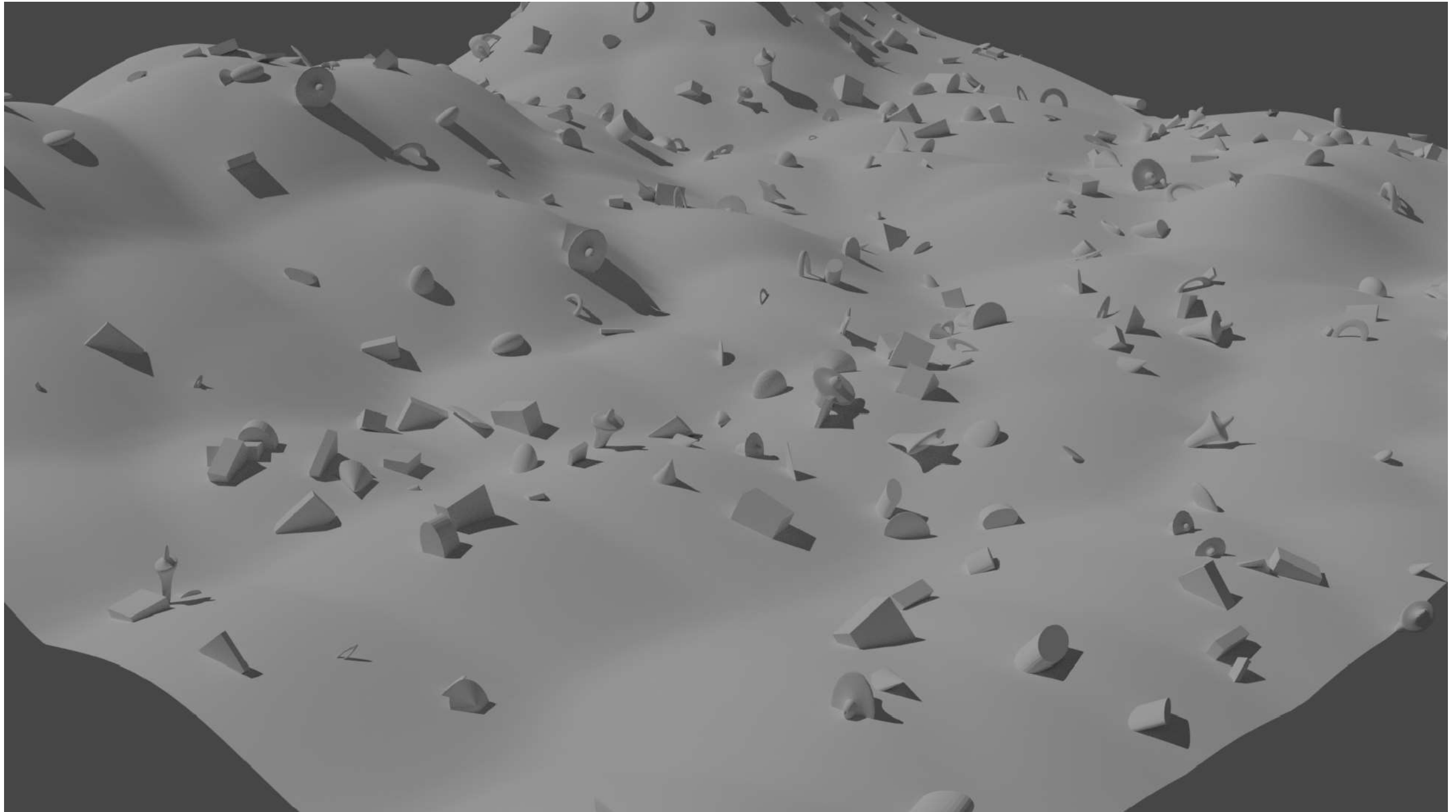
# Приклади згенерованих ландшафтів



Демонстраційний плакат №1  
до магістерської дисертації на тему  
«Програмне забезпечення для побудови VR схем місцевості для  
мобільних пошукових роботів»

Розробив: Соколенко В.С.  
Прийняв: к.т.н., доцент Резніков С.А.

# Рендер результату роботи програми

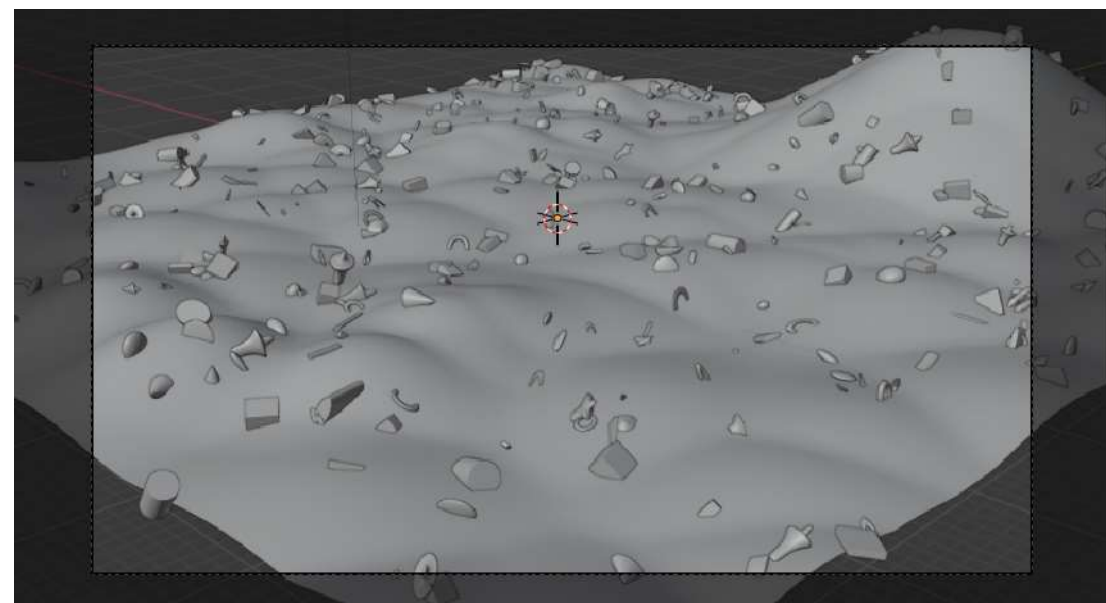
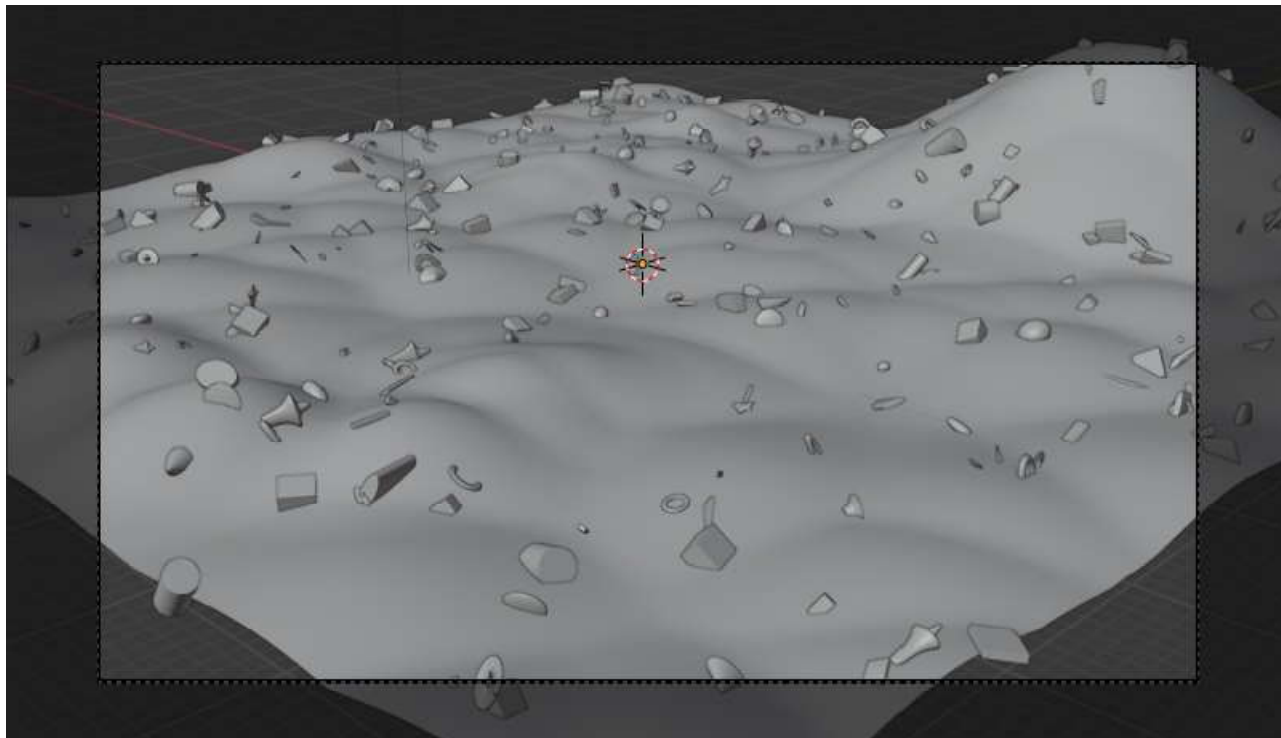
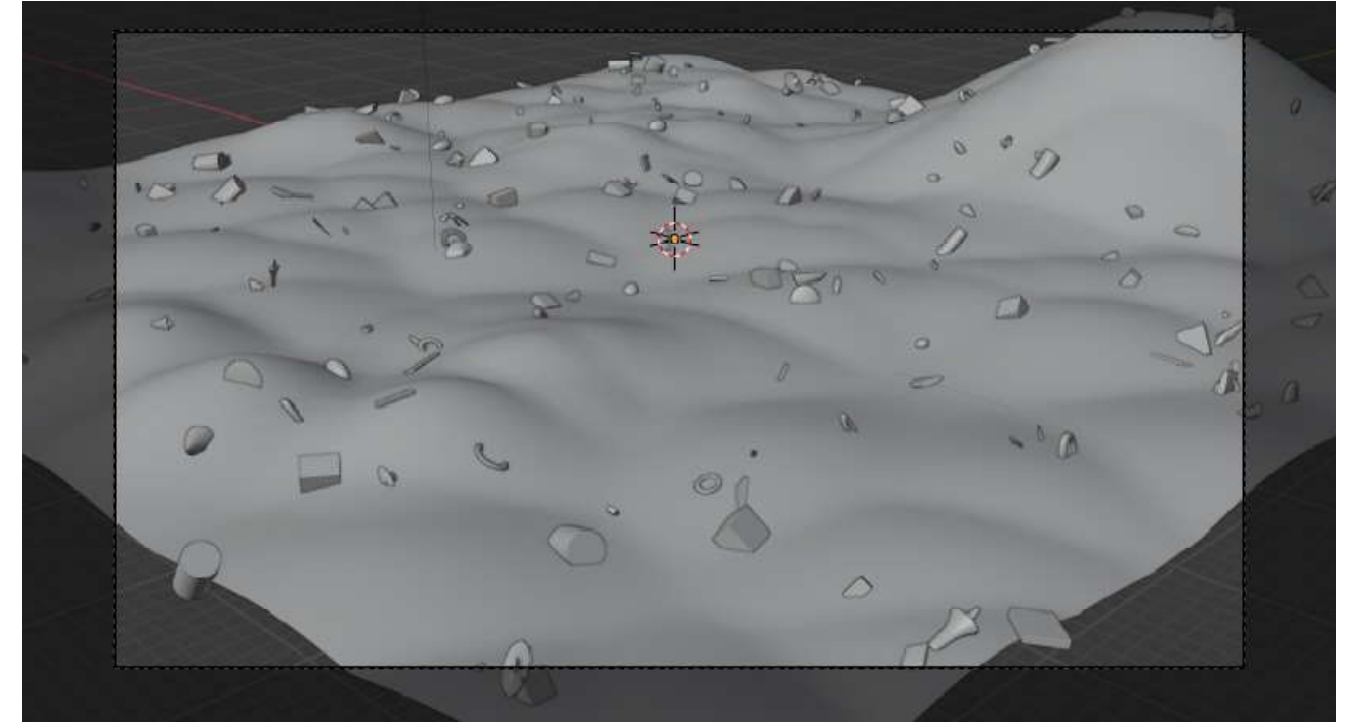
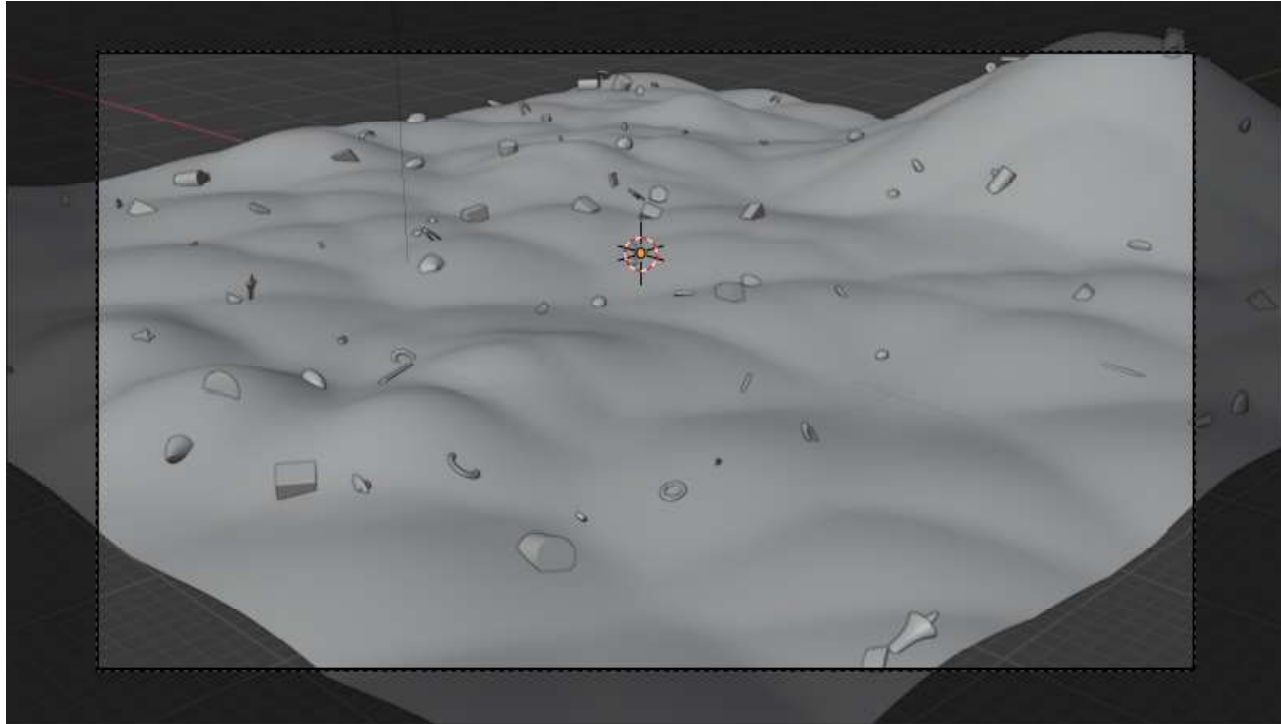


Демонстраційний плакат №2  
до магістерської дисертації на тему  
«Програмне забезпечення для побудови VR схем місцевості для  
мобільних пошукових роботів»

Розробив: Соколенко В.С.

Прийняв: к.т.н., доцент Резніков С.А.

# Приклади результатів роботи програми

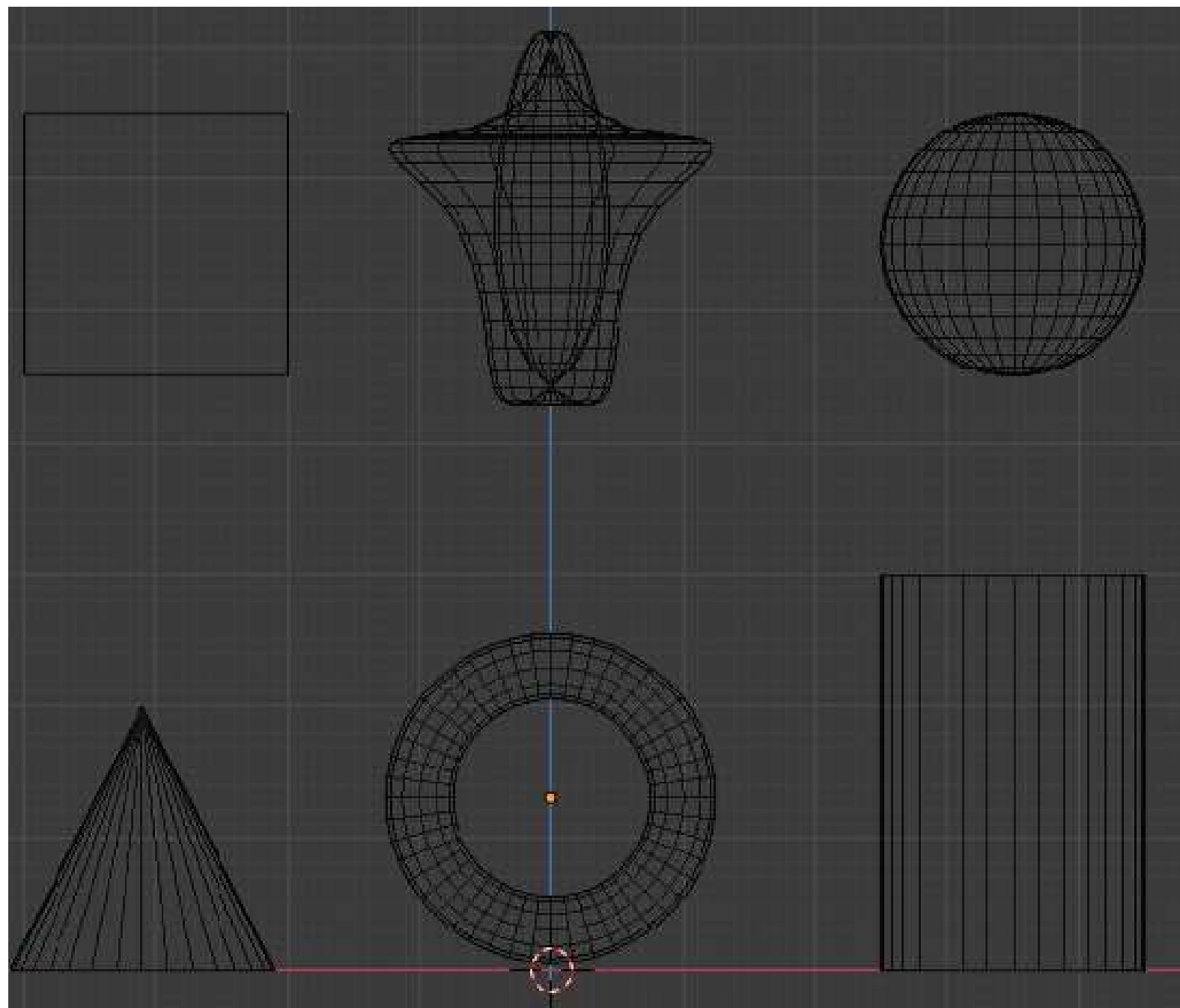


Демонстраційний плакат №3  
до магістерської дисертації на тему  
«Програмне забезпечення для побудови VR схем місцевості для  
мобільних пошукових роботів»

Розробив: Соколенко В.С.

Прийняв: к.т.н., доцент Резніков С.А.

# Моделі згенерованих об'єктів

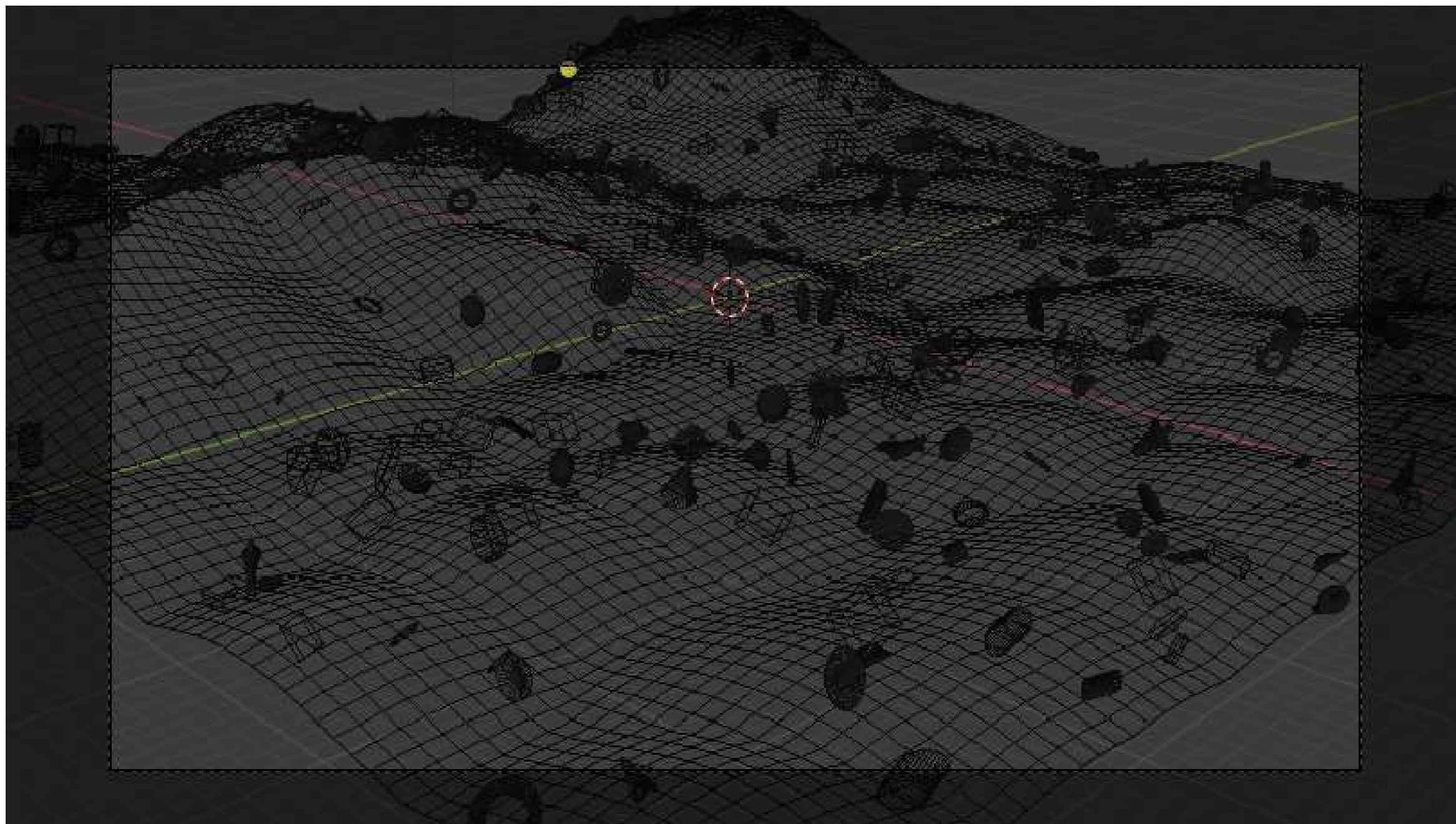


Демонстраційний плакат №4  
до магістерської дисертації на тему  
«Програмне забезпечення для побудови VR схем місцевості для  
мобільних пошукових роботів»

Розробив: Соколенко В.С.  
Прийняв: к.т.н., доцент Резніков С.А.



# Модель згенерованого мешу поверхні

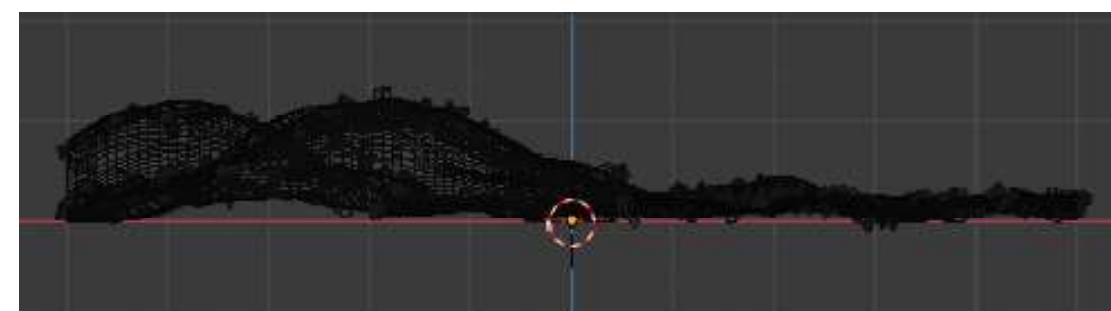
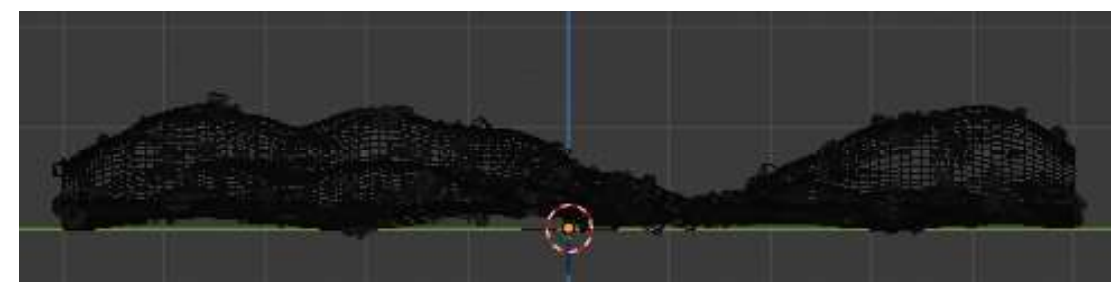
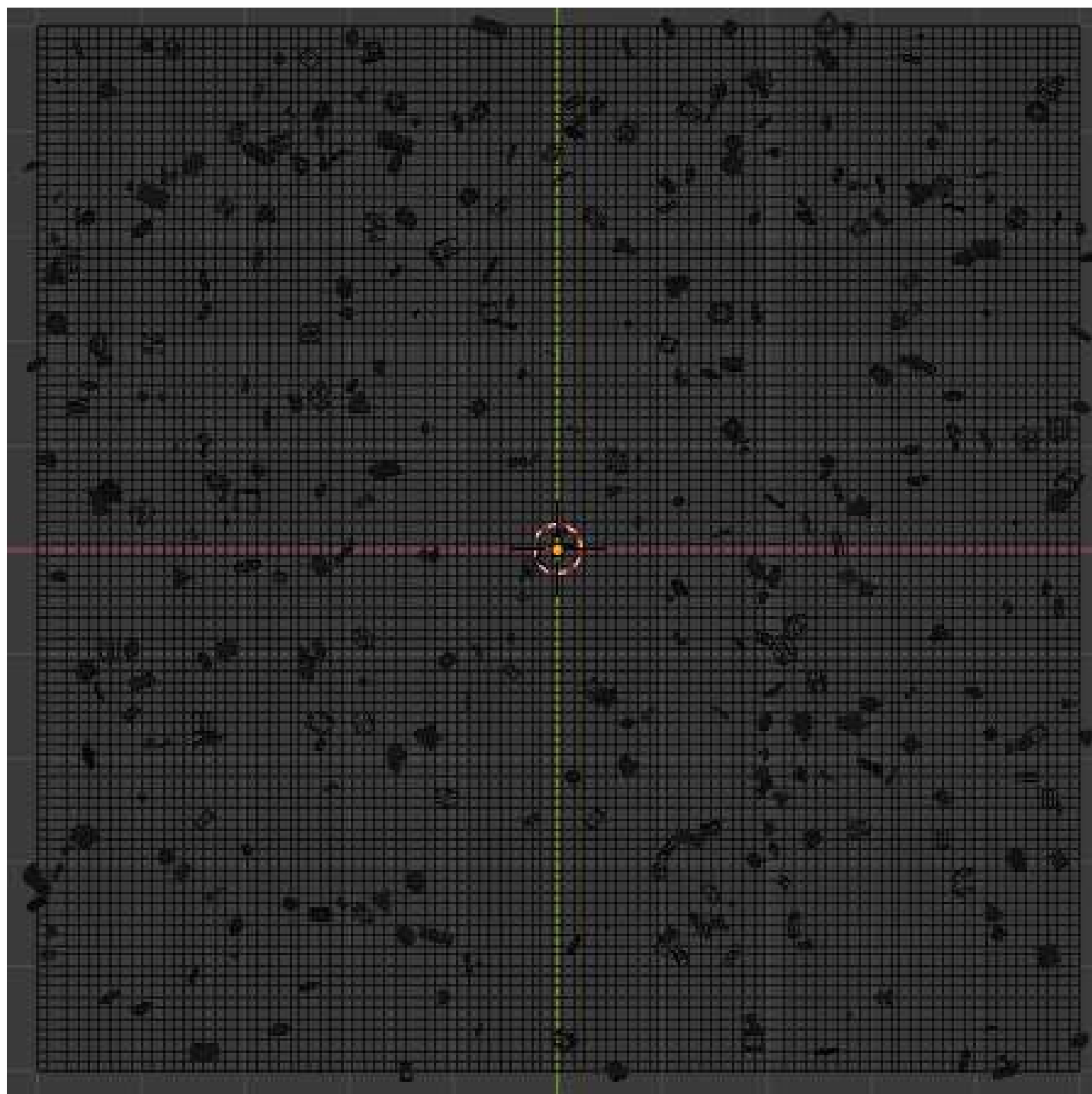


Демонстраційний плакат №5  
до магістерської дисертації на тему  
«Програмне забезпечення для побудови VR схем місцевості для  
мобільних пошукових роботів»

Розробив: Соколенко В.С.  
Прийняв: к.т.н., доцент Резніков С.А.



# Згенерований меш



Демонстраційний плакат №6  
до магістерської дисертації на тему  
«Програмне забезпечення для побудови VR схем місцевості для  
мобільних пошукових роботів»

Розробив: Соколенко В.С.  
Прийняв: к.т.н., доцент Резніков С.А.